

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-164764

(43)Date of publication of application : 07.06.2002

---

(51)Int.Cl. H03H 9/17

H01L 41/09

H03H 9/205

H03H 9/54

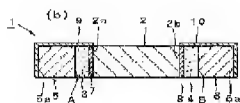
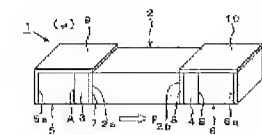
---

(21)Application number : 2000-359816 (71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 27.11.2000 (72)Inventor : NISHIMURA TOSHIO  
INOUE JIRO  
KAIDA HIROAKI

---

(54) COMPOSITE MATERIAL VIBRATING DEVICE



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a vibrating device which does not have the restriction of a vibration mode to be utilized, does not need a vibration damping part, can be mechanically supported with a simple structure and can be miniaturized.

SOLUTION: This composite material vibrating device is provided with a piezoelectric element 2 which is made of material having a first acoustic impedance value  $Z_1$  and functions as a vibration member to be a vibration generation source, first and second reflecting layers 3 and 4 which are made of material having acoustic impedance  $Z_2$  lower than the first acoustic impedance  $Z_1$  and connected to the both sides of the piezoelectric element 2, and first and second holding members 5 and 6 which are connected to the outer sides of the reflecting layers 3 and 4 and made of material having an acoustic impedance value  $Z_3$  larger than the second acoustic impedance  $Z_2$ , and vibrations propagated from the piezoelectric element 2 are reflected at the interfaces between the reflecting layers 3 and 4, and the holding members 5 and 6.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.07.2002

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3760760

[Date of registration] 20.01.2006

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not  
reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is composite-material rocking equipment with which two or more  
ingredient parts from which an acoustic impedance differs are combined, and is  
the 1st acoustic-impedance value Z1. The oscillating member which consists of  
an ingredient which it has and serves as an oscillating generation source, 1st  
acoustic-impedance value Z1 The 1st and 2nd reflecting layer which consisted of  
an ingredient which has the 2nd low acoustic-impedance value Z2, and was  
connected with the both sides of said oscillating member, Said 2nd acoustic-  
impedance value Z2 3rd big acoustic-impedance value Z3 It consists of an  
ingredient which it has. Composite-material rocking equipment which is equipped  
with the attachment component connected with the opposite side with the side  
with which the oscillating member of said 1st and 2nd reflecting layer is  
connected, and is characterized by being constituted so that vibration spread  
from said oscillating member to the reflecting layer in the interface of said  
reflecting layer and said attachment component may be reflected.

[Claim 2] Said 2nd acoustic-impedance value Z2 1st acoustic-impedance value  
Z1 The ratio  $Z2 / Z1$  receiving Composite-material rocking equipment according

to claim 1 which is 0.2 or less.

[Claim 3] Said 2nd acoustic-impedance value  $Z_2$  The 3rd acoustic impedance  $Z_3$   
The ratio  $Z_2 / Z_3$  receiving Composite-material rocking equipment according to claim 1 or 2 which is 0.2 or less.

[Claim 4] Composite-material rocking equipment according to claim 1 to 3 said whose oscillating member is an electric machine joint sensing element.

[Claim 5] Composite-material rocking equipment according to claim 4 said whose electric machine joint sensing element is a piezoelectric device or an electrostriction component.

[Claim 6] Composite-material rocking equipment according to claim 1 to 5 with which the 3rd reflecting layer, the 2nd oscillating member, the 4th reflecting layer, and the 3rd attachment component are connected with the side with which said 1st and 2nd reflecting layer of said the 1st and/or 2nd attachment component is connected in this sequence in the opposite side.

[Claim 7] It is composite-material rocking equipment with which it comes to combine two or more ingredient parts from which an acoustic impedance differs, and is the 1st acoustic-impedance value  $Z_1$ . The 1st and the 2nd oscillating member which consist of an ingredient which it has and serve as an oscillating generation source, 1st acoustic-impedance value  $Z_1$  The reflecting layer which consists of an ingredient which has the 2nd low acoustic-impedance value  $Z_2$ , The 2nd acoustic impedance  $Z_2$  The 3rd big acoustic impedance  $Z_3$  It has the attachment component which consists of an ingredient which it has. Each vibration which the 1st attachment component, the 1st reflecting layer, the 1st oscillating member, the 2nd reflecting layer, the 2nd oscillating member, the 3rd reflecting layer, and the 2nd attachment component are connected in this sequence, and was generated in the 1st and 2nd oscillating member The 1st or 3rd reflecting layer, Composite-material rocking equipment reflected in a list according to an interface with the 1st or 2nd attachment component by the interface with the 2nd oscillating member of said 2nd reflecting layer, or the 1st oscillating member.

[Claim 8] Composite-material rocking equipment according to claim 1 to 7 constituted when said reflecting layer carries out the laminating of two or more ingredient layers from which an acoustic impedance differs.

[Claim 9] Composite-material rocking equipment according to claim 1 to 8 characterized by the distance from the interface of a reflecting layer and an oscillating member to the interface of a reflecting layer and an attachment component being sometimes in the range of  $n \cdot \lambda / 4 \sim \lambda / 8$  ( $n$  being odd number) the bottom which set wavelength of vibration when said oscillating member vibrates independently to  $\lambda$ .

[Claim 10] When the direction [ in / for the direction / in / for the direction of vibration displacement of said oscillating member / A and an oscillating member / of the propagation of vibration / B and said reflecting layer ] of the propagation of vibration is set to C, direction A-C is parallel composite-material rocking equipment according to claim 5 mutually.

[Claim 11] Composite-material rocking equipment according to claim 5 which has the relation with which Direction A and Direction B are parallel and a relation and Direction B and the direction C cross at right angles when the direction A of vibration displacement of said oscillating member, the direction B of the propagation of vibration in an oscillating member, and the direction of the propagation of vibration in a reflecting layer are set to C.

[Claim 12] Composite-material rocking equipment according to claim 5 which Direction A and Direction B lie at right angles, and has Direction B and Direction C in parallel when it considers as the direction A of vibration displacement of said oscillating member, the direction B of the propagation of vibration in said oscillating member, and the direction C of the propagation of vibration in said reflecting layer.

[Claim 13] Composite-material rocking equipment according to claim 5 which has the relation to which Direction A and Direction B lie at right angles to, and Direction B and Direction C lie at right angles when it considers as the direction A of vibration displacement of said oscillating member, the direction B of the

propagation of vibration in said oscillating member, and the direction C of the propagation of vibration in said reflecting layer.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to composite-material rocking equipment using the piezoelectric device and the electrostriction component as an oscillating member, concerning composite-material rocking equipment equipped with the structure where various oscillating members can be held without affecting vibration of this oscillating member.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, piezo-electric oscillating components are widely used for the resonator, the filter, etc. For example, in the piezo resonator, in order to obtain the target resonance frequency, various oscillation modes are used. As these oscillation modes, thickness longitudinal oscillation, thickness skid vibration, die-length vibration, width-of-face vibration, flare vibration, or crookedness vibration is known.

[0003] In a piezo resonator, maintenance structure changes with classes of oscillation mode. Since the piezo resonator of energy \*\*\*\*\* type can be constituted when thickness longitudinal oscillation and thickness skid vibration are used, in the edge of a piezo resonator, a piezo resonator can be held mechanically. An example of the piezo resonator using thickness skid vibration of this kind of energy \*\*\*\*\* type is shown in drawing 33 . In the piezo resonator 201, the resonance electrode 203 is formed in the top face of the strip piezo-electric plate 202, and the resonance electrode 204 is formed so that the inferior surface of tongue of the piezo-electric plate 202 may be countered with the resonance electrode 203. The resonance electrode 203,204 has countered in the center of the die-length direction of the piezo-electric plate 202, and this opposite part constitutes the piezo-electric oscillating section of energy \*\*\*\*\* type. Since it is energy \*\*\*\*\* type, vibration is mostly confined in the piezo-electric oscillating section. Therefore, in the piezo-electric resonance electrode 201, it can hold mechanically in an edge, without checking vibration of the piezo-electric oscillating section.

[0004] But although vibrational energy is confined in the piezo-electric oscillating section, the periodic-damping section of a comparatively big area must consist of piezo-electric resonance electrodes 201 of energy \*\*\*\*\* type on the outside of the piezo-electric oscillating section. In the strip piezo resonator 201 which followed, for example, used thickness skid mode, the die-length dimension could not but become large.

[0005] On the other hand, the piezo-electric resonance section of energy \*\*\*\*\* type cannot consist of piezo resonators using die-length vibration, width-of-face vibration, flare vibration, or crookedness vibration. Therefore, since the resonance characteristic is not affected, maintenance structure is constituted by contacting this metal terminal to the node of vibration of a piezo resonator using the metal terminal which has spring nature.

[0006] On the other hand, the bulk mold acoustic wave filter 211 shown in drawing 34 is indicated by JP,10-270979,A. The filter consists of bulk mold

acoustic wave filters 211 by carrying out the laminating of two or more film on a substrate 212. That is, the piezo-electric layer 213 is formed into this laminated structure, the laminating of the electrode 214,215 is carried out to the top face and inferior surface of tongue of this piezo-electric layer 213, and the piezo resonator is constituted. moreover, the thing done to the inferior surface of tongue of this piezo resonator for the laminating of the film, such as silicon and polish recon, -- the upper layer 216 and a middle lamella -- the sound mirror 219 of a laminated structure which consists of 217 and a lower layer 218 is constituted. here -- a middle lamella -- the acoustic impedance of 217 is made higher than the acoustic impedance of the upper layer 216 and a lower layer 218. It is supposed that the transfer to the substrate 212 of vibration produced by the piezo resonator is intercepted by this sound mirror 219.

[0007] On the other hand, the laminating of the sound mirror 220 constituted similarly is carried out above the piezo resonator, and the passivation film 221 is formed on this sound mirror 220. The PASSHI \*\*--SHON film 221 is epoxy and SiO<sub>2</sub>. Or it consists of other suitable protection nature ingredients.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the piezo resonator of the conventional energy \*\*\*\*\* type, since it was necessary to constitute the periodic-damping section on the outside of the piezo-electric oscillating section, although it could hold mechanically using adhesives etc., the dimension of a piezo resonator 201 could not but become large.

[0009] On the other hand, in the piezo resonator using the die-length oscillation mode or the flare oscillation mode of non-energy \*\*\*\*\* type, in the piezo resonator of what has the not required periodic-damping section itself, using adhesives, solder, etc., immobilization and when it holds, the resonance characteristic is spoiled. Therefore, it must support using a spring terminal etc., and the supporting structure is complicated and needs many components.

[0010] The sound mirror 119 which insulates a piezo resonator, this piezo resonator, and a substrate acoustically consists of bulk mold acoustic wave filters



given in JP,10-270979,A by carrying out the laminating of two or more film on a substrate 202 as mentioned above. Therefore, a piezo resonator is acoustically intercepted by the sound mirror 219 which has a laminated structure to a substrate 212, and is supported.

[0011] However, with the above-mentioned bulk mold acoustic wave filter 211, the laminating of many layers had to be carried out on the substrate 212, the layer of the lower sound mirror 219, the laminated structure which constitutes a piezo resonator and a piezo-electric filter, and a large number which constitute the up sound mirror 220 had to be formed, and the passivation film 221 had to be further formed in the topmost part. Therefore, structure was complicated, and since it was what is constituted by the laminated structure also about the oscillation mode in the piezo resonator to be used, there was constraint.

[0012] As mentioned above, in order to have supported the sources of vibration, such as a piezo resonator, conventionally, without checking the oscillation characteristic, there was a problem that there was constraint of the oscillation mode, components were enlarged, or structure became complicated.

[0013] The purpose of this invention cancels the fault of the conventional technique mentioned above, and is to offer composite-material rocking equipment equipped with the structure which can support various oscillating members in the mode, without having most effects on the oscillation characteristic of this oscillating member with comparatively easy structure.

[0014]

[Means for Solving the Problem] It is composite-material rocking equipment with which two or more ingredient parts from which an acoustic impedance differs are combined according to the large aspect of affairs of this invention, and is the 1st acoustic-impedance value  $Z_1$ . The oscillating member which consists of an ingredient which it has and serves as an oscillating generation source, 1st acoustic-impedance value  $Z_1$  2nd low acoustic-impedance value  $Z_2$  The 1st and 2nd reflecting layer which consisted of an ingredient which it has and was connected with the both sides of said oscillating member, Said 2nd acoustic-

impedance value Z2 3rd big acoustic-impedance value Z3 It consists of an ingredient which it has. With the side with which the oscillating member of said 1st and 2nd reflecting layer is connected, it has the attachment component connected with the opposite side, and the composite-material rocking equipment constituted so that vibration spread from said oscillating member to the reflecting layer in the interface of said reflecting layer and said attachment component may be reflected is offered.

[0015] At the specific aspect of affairs of this invention, it is said 2nd acoustic-impedance value Z2. 1st acoustic-impedance value Z1 The ratio  $Z2 / Z1$  receiving More preferably is taken or less for 0.1 0.2 or less.

[0016] At another specific aspect of affairs of this invention, it is said 2nd acoustic-impedance value Z2. The 3rd acoustic impedance Z3 The ratio  $Z2 / Z3$  receiving It can take 0.1 or less more preferably 0.2 or less.

[0017] On a restrictive aspect of affairs with this invention, an electric machine joint sensing element is used as the above-mentioned oscillating member, and a piezoelectric device or an electrostriction component is used as this electric machine joint sensing element on a more restrictive aspect of affairs.

[0018] In other specific aspects of affairs of this invention, the 3rd reflecting layer, the 2nd oscillating member, the 4th reflecting layer, and the 3rd attachment component are connected with the side with which said 1st and 2nd reflecting layer of said the 1st and/or 2nd attachment component is connected in this sequence in the opposite side.

[0019] According to another large aspect of affairs of this invention, it is composite-material rocking equipment with which it comes to combine two or more ingredient parts from which an acoustic impedance differs. The 1st and the 2nd oscillating member which consist of an ingredient which has the 1st acoustic-impedance value Z1, and serve as an oscillating generation source, 1st acoustic-impedance value Z1 2nd low acoustic-impedance value Z2 The reflecting layer which consists of an ingredient which it has, The 2nd acoustic impedance Z2 The 3rd big acoustic impedance Z3 It has the attachment component which consists

of an ingredient which it has. Each vibration which the 1st attachment component, the 1st reflecting layer, the 1st oscillating member, the 2nd reflecting layer, the 2nd oscillating member, the 3rd reflecting layer, and the 2nd attachment component are connected in this sequence, and was generated in the 1st and 2nd oscillating member The 1st or 3rd reflecting layer, According to an interface with the 1st or 2nd attachment component, the composite-material rocking equipment reflected in a list according to an interface with the 2nd oscillating member of said 2nd reflecting layer or the 1st oscillating member is offered.

[0020] Said reflecting layer consists of other specific aspects of affairs of this invention by carrying out the laminating of two or more ingredient layers from which an acoustic impedance differs. When wavelength of vibration when said oscillating member vibrates independently is set to  $\lambda$  and carried out, the distance from the interface of a reflecting layer and an oscillating member to the interface of a reflecting layer and an attachment component consists of another specific aspects of affairs of this invention, as it is in the range of  $n\lambda / 4$  ( $n$  is odd number).

[0021] In the composite-material rocking equipment concerning this invention, when it considers as the direction A of vibration displacement of an oscillating member, the direction B of the propagation of vibration in an oscillating member, and the direction C of the propagation of vibration in a reflecting layer, about direction A-C, it can put together variously. For example, direction A-C may be mutually parallel. Moreover, Direction A and Direction B are parallel and you may have the relation a relation and Direction B and the direction C cross at right angles. Furthermore, Direction A and Direction B lie at right angles, and Direction B and Direction C may be parallel. Moreover, Direction A and Direction B lie at right angles, and Direction B and Direction C may lie at right angles.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, by explaining the concrete example of this invention explains this invention to a detail more, referring to a drawing.

[0023] Drawing 1 (a) and (b) are the perspective views and drawings of

longitudinal section showing the piezo resonator as composite-material rocking equipment concerning one example of this invention. A piezo resonator 1 has the strip piezoelectric device 2 as an oscillating member, the reflecting layers 3 and 4 connected with the die-length direction both ends of a piezoelectric device 2, and the attachment components 5 and 6 connected with the outside of reflecting layers 3 and 4.

[0024] A piezoelectric device 2 consists of lead titanate system ceramics, and is the acoustic impedance  $Z_1$ . It is  $3.4 \times 10^7 \text{ kg/(m}^2 \text{ and s)}$ . Polarization processing of the piezoelectric device 2 is carried out in the direction of arrow-head P, i.e., the die-length direction.

[0025] A piezoelectric device 2 has a strip configuration and a top face, an inferior surface of tongue, and the side face of a pair have a rectangular configuration. In other words, a piezoelectric device 2 has a square bar-like configuration. The excitation electrodes 7 and 8 are formed in end-face 2a of the pair which a piezoelectric device 2 counters for each other, and 2b. A piezoelectric device 2 vibrates by impressing alternating voltage from the excitation electrodes 7 and 8 in the die-length mode which makes end-face 2a and 2b the die-length direction. That is, a piezoelectric device 2 is a piezo-electric resonant element using die-length mode. In the piezo resonator 1, the terminal electrodes 9 and 10 are formed in the top face of a piezo resonator 1 so that it may connect with the excitation electrodes 7 and 8 electrically. The terminal electrodes 9 and 10 are formed so that it may result in the outside end faces 5a and 6a of not only the top face of a piezo resonator 1 but the attachment components 5 and 6 which are end faces. Therefore, a surface mount can be easily carried out to a printed circuit board etc. using the terminal electrodes 9 and 10. Reflecting layers 3 and 4 are constituted from this example by the epoxy resin whose acoustic impedance is  $1.87 \times 10^6 \text{ kg/(m}^2 \text{ and s)}$ . Moreover, attachment components 5 and 6 are constituted by the ceramics which consists of ceramics whose acoustic impedance is  $3.4 \times 10^7 \text{ kg/(m}^2 \text{ and s)}$ .

[0026] Since the propagation of vibration is the die-length direction and is a

direction parallel to the direction P of polarization, the piezo-electric resonant element using die-length mode cannot usually be supported in end-face 2a and 2b, without affecting vibration.

[0027] In this example, since it has reflecting layers 3 and 4 and attachment components 5 and 6, it is supposed that it is possible to support a piezo resonator 1, without affecting the oscillation characteristic of the piezoelectric device 2 using die-length mode. This is explained with reference to drawing 2 - drawing 5 . In addition, die length shall say the dimension which meets in the die-length direction of a piezo resonator 1 to below.

[0028] Die-length  $L1 = 0.98\text{mm}$  of a piezoelectric device 2, resonator frequency  $F1 = 2\text{MHz}$ , die-length  $L2 = 0.25\text{mm}$  of reflecting layers 3 and 4, the die length of attachment components 5 and 6 = the displacement condition of the above-mentioned piezo resonator 1 was analyzed with the finite element method as  $0.4\text{mm}$ . A result is shown in drawing 2 .

[0029] In attachment components 5 and 6, a variation rate has hardly arisen so that clearly from drawing 2 . Therefore, it turns out using attachment components 5 and 6 that a piezo resonator 1 can be supported, without affecting the resonance characteristic of a piezoelectric device 2. This is the acoustic impedance  $Z2$  of reflecting layers 3 and 4. Acoustic impedance  $Z1$  of a piezoelectric device 2 It is low and is the acoustic impedance  $Z3$  of attachment components 5 and 6. Since it is low, vibration spread from the piezoelectric device 2 in the interfaces A and B of reflecting layers 3 and 4 and attachment components 5 and 6 is reflected, and it thinks for vibration to hardly spread to attachment components 5 and 6.

[0030] When invention-in-this-application persons change various ingredients which constitute the piezoelectric device 2 in a piezo resonator 1, reflecting layers 3 and 4, and attachment components 5 and 6 in view of the result of a piezo resonator 1, and these dimensions and an experiment is repeated, as mentioned above Acoustic impedance  $Z2$  of the 1st and 2nd reflecting layer 3 and 4 Acoustic impedance  $Z1$  of a piezoelectric device 2 And acoustic

impedance  $Z_3$  of attachment components 5 and 6. If it is made small, it found out that propagation of the vibration from the piezoelectric device 2 to attachment components 5 and 6 could be mostly controlled like the above-mentioned example. This is explained based on the concrete example of an experiment, referring to drawing 4 and drawing 5.

[0031] Drawing 4 shows the impedance-frequency characteristics and phase-frequency characteristics at the time of constituting a piezo resonator 1 from a following specification. In addition, a continuous line shows phase-frequency characteristics and a broken line shows impedance-frequency characteristics. moreover, NE+On of the axis of ordinate of drawing 4 and drawing 5, and an axis of abscissa --  $N \times 10^n$  it is -- things -- being shown -- for example,  $1 \text{ E} + \text{O}2$  --  $1 \times 10^2$  it is.

[0032] Specification \*\* piezoelectric device 2 of a piezo resonator 1 -- The lead titanate system ceramics which is acoustic-impedance  $Z_1 = 3.4 \times 10^7 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ and s})$  constitutes. Die-length dimension  $L_1 = 412 \text{ mm}$ , resonator periphery  $5.4 \text{ MHz}$  \*\* reflecting layers 3 and 4 -- The epoxy resin of acoustic-impedance  $Z_2 = 1.87 \times 10^6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ and s})$  constitutes. Die-length dimension  $L_2 = 0.07 \text{ mm}$  \*\* attachment components 5 and 6 -- The lead titanate system ceramics of acoustic-impedance  $Z_3 = 3.4 \times 10^7 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ and s})$  constitutes. the die-length dimension  $L$  -- in addition, the crosswise dimension in a piezo resonator 1 was set to  $250 \text{ mm}$   $3 = 300 \text{ mm}$ , and thickness was set to  $200 \text{ mm}$ .

[0033] Moreover, electroconductive glue 12 was used for the substrate 11, it joined to it, and the above-mentioned piezo resonator 1 was fixed to it, as shown in drawing 3. In addition, junction by electroconductive glue 12 is performed so that the space for not barring vibration between the inferior surface of tongue of a piezoelectric device 2 and the top face of a substrate 11 may be secured by immobilization by electroconductive glue 12.

[0034] Moreover, electroconductive glue 12 has joined the above-mentioned terminal electrodes 9 and 10 and the electrodes 13 and 14 on a substrate 11, and electroconductive glue 12 has not adhered to a piezoelectric device 2 and

reflecting layers 3 and 4.

[0035] The frequency characteristics of the piezo resonator 1 after being mounted in the substrate 11 are shown in drawing 5 . Also in drawing 5 , a broken line shows impedance-frequency characteristics and a continuous line shows phase-frequency characteristics.

[0036] If drawing 4 is compared with drawing 5 , it turns out that the frequency characteristics of piezo-resonator 1 the very thing and the frequency characteristics of the piezo resonator 1 after being fixed to the substrate 11 hardly change so that clearly. That is, even if it fixes a piezo resonator 1 mechanically in attachment components 5 and 6, it turns out that the resonance characteristic of a piezoelectric device 2 is not spoiled.

[0037] In the piezo resonator 1 as composite-material rocking equipment constituted according to this invention, by forming reflecting layers 3 and 4 in the both sides of the piezoelectric device 2 as an oscillating member, and connecting attachment components 5 and 6 with the outside of reflecting layers 3 and 4 shows that a piezo resonator 1 can be supported, without barring vibration of a piezoelectric device 2 so that clearly from drawing 1 - drawing 5 . When drawing 6 R> 6 shows this comprehensively, reflecting layers 22 and 23 are connected so that the vibration from the oscillating member 21 may spread on both sides of the oscillating member 21 as the source of vibration, and the composite-material rocking equipment concerning this invention is equivalent to the structure which connected attachment components 24 and 25 with the outside of these reflecting layers 22 and 23. In this case, it is the acoustic impedance  $Z_2$  of reflecting layers 22 and 23 as mentioned above. Acoustic impedance  $Z_1$  of the oscillating member 21 And acoustic impedance  $Z_3$  of attachment components 24 and 25 By making it small, composite-material rocking equipment 20 can be mechanically supported in attachment components 24 and 25 like the above-mentioned example, without affecting the oscillation characteristic of the oscillating member 21.

[0038] Namely, although the piezoelectric device 2 was used as an oscillating

member in the above-mentioned example It sets to this invention and is impedance value  $Z_1$  - $Z_3$  of the oscillating member 21, reflecting layers 22 and 23, and attachment components 24 and 25. As long as the above-mentioned relation may be filled in between, like the above-mentioned example Reflecting layers 22 and 23, Since vibration spread in an interface with attachment components 24 and 25 can be reflected, it is not limited especially about the oscillating member 21. That is, the member which generates an electrostriction component besides a piezoelectric device 2 and other various vibration as an oscillating member 21 can be used widely.

[0039] Moreover, it is not limited especially about the ingredient which constitutes the ingredient which constitutes reflecting layers 22 and 23, and attachment components 24 and 25, either, and the ingredient of arbitration can be used as long as the relation of the above-mentioned acoustic-impedance value is filled.

[0040] In the above-mentioned piezo resonator 1, invention-in-this-application persons changed various ingredients which constitute a reflecting layer, and measured each rate of change of the resonance frequency of a piezo resonator 1, and bandwidth. A result is shown in drawing 7 and drawing 8 . Various epoxy resins which constitute here the ceramics which constitutes a piezoelectric device 2, and reflecting layers 3 and 4 are changed, and it is an acoustic impedance  $Z_2$ . The standardized value  $Z_2$ , i.e., a ratio,  $/ Z_1$  It was made to differ variously and resonance frequency rate of change (%) and fractional-bandwidth rate of change (%) were measured.

[0041] clear from drawing 7 and drawing 8 -- obtaining -- the acoustic-impedance ratio  $Z_2 / Z_1$  Or less in 0.1, it turns out preferably that the rate of change of resonance frequency is very as small as 0.2% or less, and it is as low as 0.01% or less at 0.1 or less 0.2 or less. Similarly, it is the acoustic-impedance ratio  $Z_2 / Z_1$  also about fractional-bandwidth rate of change. It turns out that it becomes or less by 0.2 and becomes -8% or less or less by 0.1 -15% or less.

[0042] Therefore, it is the acoustic-impedance ratio  $Z_2 / Z_1$  preferably. More preferably is taken or less for 0.1 0.2 or less. Moreover, the ingredient which



constitutes reflecting layers 3 and 4 and attachment components 5 and 6 is changed, and invention-in-this-application persons are the acoustic-impedance ratio  $Z2 / Z3$ . It was made to differ variously and the frequency rate of change (%) and fractional-bandwidth rate of change (%) of a piezo resonator 1 were measured similarly. A result is shown in drawing 9 and drawing 10 .

[0043] It is the acoustic-impedance ratio  $Z2 / Z3$  so that clearly from drawing 9 and drawing 10 . By carrying out to 0.2 or less, when frequency rate of change carries out and fractional band width carries out to further 0.1 or less -7% or less 0.2% or less shows that fractional band width can be made into -6% or less 0.05% or less. Therefore, the acoustic-impedance ratio  $Z2 / Z3$  Are preferably taken or less for 0.1 0.2 or less.

[0044] Moreover, the acoustic-impedance ratio  $Z2 / Z1$  It was made to change and the rate of resonance frequency and fractional-bandwidth rate of change of a piezo resonator 1 were measured. A result is shown in drawing 11 and drawing 12 . It is an acoustic impedance  $Z2$  by blending with an epoxy resin, the ceramics, or these the powder which has other acoustic-impedance values in drawing 11  $R > 1$  and drawing 12 as an ingredient which constitutes reflecting layers 3 and 4 etc. Acoustic impedance  $Z1$  It is changing from 1/128 in the range of arbitration.

[0045] In addition, the axis of abscissa in drawing 11 and drawing 12 serves as the die-length direction dimension (dimension which meets in the die-length direction of a piezo resonator 1) of reflecting layers 3 and 4. If it is put in another way as the die-length direction dimension of reflecting layers 3 and 4, it will be the dimension of the direction which connects the reflecting layer side connected with the piezoelectric device 2 as an oscillating member, and the reflecting layer side connected with the oscillating members 5 and 6, i.e., the dimension of the direction where vibration spreads a reflector.

[0046] It is the acoustic-impedance ratio  $Z2 / Z1$  so that clearly from drawing 11 and drawing 12 . Still smaller, 1/32 or less, even if it changes the die-length dimension of reflecting layers 3 and 4 a little from  $\lambda/4$  the case of 1/64 or less more preferably, it turns out that frequency rate of change and fractional-

bandwidth rate of change are seldom changed. Therefore, it is  $Z_2 / Z_1$  preferably. By carrying out to  $1/64$  or less more preferably shows that there is little constraint of the die-length direction dimension of reflecting layers 3 and 4  $1/32$  or less.

[0047] But it is  $Z_2 / Z_1$  so that clearly from drawing 11 and drawing 12 . When the die-length dimensions of reflecting layers 3 and 4 are  $\lambda/4$  and its near regardless of a value, the frequency rate of change and fractional-band-width rate of change of a piezo resonator 1 become very small.

[0048] Moreover, the relation between the thickness of the above-mentioned reflecting layers 3 and 4, frequency rate of change, and fractional-bandwidth rate of change was investigated covering the larger thickness of reflecting layers 3 and 4. Each is shown for a result in drawing 13 and 14. Therefore, a reflecting layer 3 and 4 die-length dimension are made into the range of  $n\lambda / 4^{**}$  ( $\lambda/8$ ) ( $n$  is odd number), and let them more preferably be  $\lambda/4$  and its near so that clearly from drawing 11 - drawing 14 .

[0049] Drawing 15 (a) and (b) are the perspective views and partial notching drawings of longitudinal section showing the piezo resonator as composite-material rocking equipment of the 2nd example of this invention. A piezo resonator 31 has the piezoelectric device 32 of the shape of a strip or a square bar. A piezoelectric device 32 is a piezoelectric device using the 6 time wave in die-length mode. The piezo resonator 31 of this example is constituted like the piezo resonator 1 of the 1st example, if it removes that the electrode structures for exciting a piezoelectric device 32 in having used the piezoelectric device 32 instead of the piezoelectric device 2 and a list differ.

[0050] The piezoelectric device 32 is constituted from this example by the titanate-lead zirconate system electrostrictive ceramics of acoustic-impedance value [ of  $2.6 \times 10^7 \text{ kg } / (\text{m}^2 \text{ and s})$  ].

[0051] In the piezoelectric device 32, in order to excite the 6 time wave in die-length mode, the excitation electrodes 32a-32f of six sheets prolonged in the direction of the cross section of a piezoelectric device 32 are formed. in other words, a five-layer piezo-electric layer exists in excitation electrode 32a-23f -- as

-- the excitation electrode 32 -- it is formed so that a-32f may be mutually located in the direction of the cross section of a piezo resonator 32 in parallel. Moreover, polarization of the five-layer piezo-electric layer is uniformly carried out in the die-length direction.

[0052] The terminal electrode 37 is formed in the top face of a piezo resonator 31 so that it may connect with the excitation electrodes 32a, 32c, and 32e electrically. The terminal electrode 38 is formed in the inferior surface of tongue of a piezo resonator 31, and it connects with the excitation electrodes 32b, 32d, and 32f electrically.

[0053] In addition, in order to aim at the electric insulation with the excitation electrodes 32b, 32d, and 32f and the terminal electrode 37, the insulating ingredients 39a-39c are given to excitation electrodes [ 32b 32d, and 32f ] upper limit. Similarly, in order to achieve the electric insulation with the excitation electrodes 32a, 32c, and 32e and the terminal electrode 38, the insulating ingredients 39d-39f are arranged in the lower limit of the excitation electrodes 32a, 32c, and 32e.

[0054] reflecting layers 33 and 34 are located in the die-length direction both ends of a piezoelectric device 32 -- having -- \*\*\*\* -- an acoustic-impedance ratio - - it is constituted by the epoxy resin used as  $Z2/Z1 = 1/16$ .

[0055] the outside of reflecting layers 33 and 34 -- an acoustic-impedance ratio -- the attachment components 35 and 36 which consist of titanate-lead zirconate system ceramics used as  $Z2/Z3 = 1/16$  are connected.

[0056] In addition, the terminal electrodes 37 and 38 are formed so that it may result in the end face 35a and 36a which a piezo resonator 31 counters for each other, i.e., the outside end faces of attachment components 35 and 36. Also in this example, reflecting layers 33 and 34 and the cross-section configuration of attachment components 35 and 36 are made the same as that of a piezoelectric device 32. Therefore, a piezo resonator 31 has a square bar-like configuration.

[0057] Like the 2nd example, the piezoelectric device 32 as an oscillating member may use the higher harmonic in die-length mode. The impedance-

frequency characteristics and phase-frequency characteristics of a piezo resonator 31 are shown in drawing 17 . Moreover, as shown in drawing 16 R> 6, electroconductive glue 42 and 43 is used for a piezo resonator 31 on the mounting substrate 41, and impedance-frequency characteristics and phase-frequency characteristics junction and after fixing are shown in drawing 18 R> 8. In drawing 17 and drawing 18 , a continuous line shows phase-frequency characteristics and a broken line shows impedance-frequency characteristics, respectively.

[0058] Also in the 2nd example, it turns out that the property before being mounted in the mounting substrate 41 (namely, piezo-resonator 31 simple substance), and the property after being mounted in the mounting substrate 41 hardly change so that clearly from the comparison of drawing 17 and drawing 18 .

[0059] Therefore, also in the 2nd example, in attachment components 35 and 36, even if it holds a piezo resonator 31 mechanically, it turns out that effect hardly arises in the resonance characteristic of a piezoelectric device 32.

[0060] In addition, as shown to drawing 19 in a decomposition perspective view, two or more piezo resonators 31 may be joined through the insulating adhesives 51 and 52, and the mounting substrate 53 top may be mounted. It connects electrically so that two piezo resonators 31 and 31 may be joined and a filter circuit may be constituted from structure shown in drawing 19 . The electrical installation between two piezo resonators 31 is achieved with the electric conduction patterns 54a-54d formed on the mounting substrate 53. Moreover, the metal cap 55 is fixed on the mounting substrate 53. The metal cap 55 is fixed to the mounting substrate 53 using insulating adhesives so that piezo resonators 31 and 31 may be surrounded and closed. The composite-material rocking equipment applied to this invention like the filter components shown in drawing 19 is applicable not only to a piezo resonator but a filter.

[0061] Drawing 20 is the perspective view showing the piezo resonator concerning the 3rd example of this invention. A piezo resonator 61 has the piezoelectric device 62 using thickness skid mode. A piezoelectric device 62 has

the rectangle tabular configuration which consists of electrostrictive ceramics in this example, the excitation electrode 63 is formed in a top face, and the excitation electrode 64 is formed in the inferior surface of tongue. Polarization processing of the piezoelectric device 62 is carried out in the die-length direction. A piezoelectric device 62 is excited in thickness skid mode by impressing alternating voltage from the excitation electrodes 63 and 64.

[0062] In addition, it differs in the piezo resonator 201 (refer to drawing 33 ) using the conventional thickness skid mode of energy \*\*\*\*\* type, and the excitation electrodes 63 and 64 are formed all over the top face and the inferior surface of tongue in the piezoelectric device 62. Therefore, a piezoelectric device 62 is not a piezo resonator of energy \*\*\*\*\* type.

[0063] But reflecting layers 65 and 66 and attachment components 67 and 68 are connected with the die-length direction both sides of a piezoelectric device 62 like the 1st example. In addition, the dimension of the direction to which the thickness 62, i.e., the piezoelectric device, and the attachment components 67 and 68 of reflecting layers 65 and 66 are connected is set to abbreviation  $\lambda/4$  when wavelength of spread vibration is set to  $\lambda$ . And the resonance electrodes 63 and 64 are put in a row by the terminal electrodes 69 and 70. The terminal electrodes 70 and 69 are formed so that it may result in the end face 67a and 68a of a piezo resonator 62, i.e., the outside end faces of attachment components 67 and 68.

[0064] Although a piezoelectric device 62 is not energy \*\*\*\*\* type, reflecting layers 65 and 66 and attachment components 67 and 68 consist of piezo resonators 61 of this example like the 1st example. Moreover, acoustic-impedance value  $Z_1$  of a piezoelectric device 62 Acoustic-impedance value  $Z_2$  of reflecting layers 65 and 66 Acoustic-impedance value  $Z_3$  of attachment components 67 and 68 Since it is chosen like the 1st example, vibration spread in the die-length direction from the piezoelectric device 62 is reflected by the interface of reflecting layers 65 and 66 and attachment components 67 and 68. Therefore, even if it supports mechanically by attachment components 67 and 68

like the 1st example, effect hardly arises in the resonance characteristic of a piezoelectric device 62. Thus, even if it is the case where thickness skid mode is used, by using this invention, the periodic-damping section can be lost and the miniaturization of the piezo resonator using thickness skid mode can be attained. [0065] That is, about by  $\lambda/4$ , since the thickness (dimension which meets in the die-length direction of resonance 61) of reflecting layers 65 and 66 is good, it does not need the big periodic-damping section like the piezo resonator 201 of the conventional energy \*\*\*\*\* type. Moreover, the attachment components 67 and 68 of the dimension which meets in the die-length direction of the piezo resonator 61 may be very small, and since what is necessary is just to constitute the above-mentioned reflector, a piezo resonator 61 can make the die-length dimension small compared with a piezo resonator 201.

[0066] The frequency characteristics of the piezo resonator 61 of this example and the frequency characteristics in the condition of having used electroconductive glue 72 and 73 and having fixed the piezo resonator 61 on the mounting substrate 71 as shown in a list at drawing 21 hardly changed. Although the broken line of drawing 22 shows impedance-frequency characteristics, a continuous line shows phase-frequency characteristics and the property after being mounted in the mounting substrate 71 is shown by drawing 22, illustration is omitted in order for the property before mounting to hardly change, either. About the piezo resonator as composite-material rocking equipment concerning this invention, especially the oscillation mode of not only the thing using the oscillation mode used in the 1st - the 3rd example but the piezoelectric device as an oscillating member is not limited.

[0067] Drawing 23 is the schematic-drawing-sectional view showing the modification of the piezo resonator as composite-material rocking equipment concerning this invention. In the piezo resonator 81 shown in drawing 23, the rectangle tabular piezoelectric device 82 using thickness longitudinal oscillation is used. The excitation electrodes 83 and 84 are formed in the top face and inferior surface of tongue of a piezoelectric device 82 so that it may counter through a

piezoelectric device 82. The laminating of the ceramic plates 87 and 88 as an attachment component is carried out to the top face and inferior surface of tongue of a piezoelectric device 82 through reflecting layers 85 and 86. Moreover, the terminal electrodes 89 and 90 electrically connected to the excitation electrodes 83 and 84 are formed in the outside surface of a piezo resonator 81, respectively.

[0068] Like a piezoelectric device 82, the piezoelectric device using thickness longitudinal-oscillation mode may be used as an oscillating member in this invention. Moreover, the laminating of reflecting layers 83 and 84 and the attachment components 87 and 88 may be carried out to the upper and lower sides of a piezoelectric device 82 like a piezo resonator 81.

[0069] Furthermore, this invention is applicable also to the piezo resonator using the thickness longitudinal-oscillation mode of a laminating mold like the piezo resonator 91 shown in drawing 24 . Here, in addition to the excitation electrodes 93 and 94, a piezoelectric device 92 has the internal electrodes 95 and 96 constituted in the piezoelectric device 92. Therefore, the piezoelectric device 92 using the higher harmonic of thickness longitudinal oscillation is constituted. The laminating of reflecting layers 83 and 84 and the attachment components 87 and 88 is carried out to the upper and lower sides of a piezoelectric device 92 like the piezo resonator 81.

[0070] Moreover, in the composite-material rocking equipment in this invention, when the direction [ in / for the direction / in / for the oscillating direction of an oscillating member / A and an oscillating member / of the propagation of vibration / B and a reflecting layer ] of the propagation of vibration is set to C, the combination of Direction A - Direction C may deform suitably.

[0071] That is, like the piezo resonators 101-103 shown in drawing 25 (a) - (c), Direction A and Direction B are parallel, and it may be arranged so that Direction B and Direction C may intersect perpendicularly. in addition, the piezo resonator for which drawing 25 (a) - (c) all used die-length vibration -- it is -- each piezoelectric devices 101a, 101b, and 101c -- polarization processing is carried

out in the direction of an arrow head of illustration, respectively. Moreover, as for a reflecting layer and 104b, 104a shows an attachment component.

[0072] That is, in this invention, a reflecting layer may be perpendicularly arranged to the direction of the propagation of vibration in an oscillating member. The result of having analyzed the displacement distribution by the finite element method of such structure is shown in drawing 26 . At drawing 26 , it is the acoustic-impedance value  $Z_1$  as an oscillating member. It consists of electrostrictive ceramics of  $3.0 \times 10^7 \text{ kg/(m}^2 \text{ and s)}$ , and is die length  $L_1$ . The piezoelectric device 106 using the die-length mode in which 0.98mm and a resonator frequency are 2MHz is constituted. The reflecting layer 107,108 is arranged in the side face of this piezoelectric device 106, i.e., the direction which intersects perpendicularly to the direction of the propagation of vibration of a piezoelectric device 106. A reflecting layer 107,108 is the acoustic-impedance value  $Z_2$ .  $1.87 \times 10^6 \text{ kg/(m}^2 \text{ and s)}$  and thickness (dimension of the direction from the interface of a piezoelectric device 106 and a reflecting layer 107,108 to the field of the opposite side of a reflecting layer 107,108) are set to 0.15mm. An attachment component 109,110 consists of titanate-acid lead zirconate system ceramics of acoustic-impedance  $Z_3 = 3.0 \times 10^7 \text{ kg/(m}^2 \text{ and s)}$ , and is connected with the above-mentioned reflecting layer 107,108.

[0073] Also in a piezo resonator 105, it turns out that vibration is hardly revealed to an attachment component 109,110 so that clearly from drawing 26 . Therefore, in the composite-material rocking equipment concerning this invention, the reflecting layer may be connected in the direction which intersects perpendicularly to the direction of the propagation of vibration in an oscillating member. Such an example is embodied in the piezo resonators 101-103 shown in drawing 25 (a) - (c) mentioned above.

[0074] Moreover, a reflecting layer 113,114 may be arranged in the direction of the propagation of vibration (parallel to the direction of polarization shown by the arrow head) of the piezoelectric devices 111a and 112a which used thickness longitudinal-oscillation mode like the piezo resonator 111,112 shown in drawing



27 (a) and (b) in schematic drawing, and the direction which intersects perpendicularly. In addition, piezoelectric-device 112a shown in drawing 27 (b) is a piezo-electric resonant element using the thickness longitudinal oscillation of the laminating mold which has an internal electrode.

[0075] In drawing 27 (a) and (b), the reflecting layer 113,114 is arranged at the both sides using thickness longitudinal oscillation of piezoelectric devices 111a and 112a in the direction of the propagation of vibration in piezoelectric devices 111a and 112a, and the direction which intersects perpendicularly. Moreover, as for the field where the reflecting layer 113,114 is combined with piezoelectric devices 111a and 112a, the attachment component 115,116 is connected with the field of the opposite side.

[0076] Furthermore, like the piezo resonator 117 shown in drawing 28 with the composite-material rocking equipment concerning this invention, the direction of vibration displacement in an oscillating member and the direction of the propagation of vibration in an oscillating member may intersect perpendicularly, and the direction of the propagation of vibration in an oscillating member and the direction of the propagation of vibration in a reflecting layer may be parallel. In the piezo resonator 117, it has piezoelectric-device 117a. Piezoelectric-device 117a has the structure which formed the excitation electrode 118,119 in both the principal planes of electrostrictive ceramics, and polarization processing is carried out in the space-\*\*\*\* direction in drawing 28 . Therefore, piezoelectric-device 117a is a piezoelectric device using the thickness twist oscillation mode. The reflecting layer 113,114 and the attachment component 115,116 are connected with the outside of this piezoelectric-device 117a.

[0077] So that clearly from drawing 25 - drawing 28 , and below-mentioned drawing 30 (a) - (c) The direction [ in / on this invention and / the direction of vibration displacement of an oscillating member, and an oscillating member ] of the propagation of vibration, It can constitute in a relation with various directions of the propagation of vibration in a reflecting layer. Acoustic-impedance  $Z_1$  - $Z_3$  which was mentioned above in any case As long as the above-mentioned

specific relation is filled, in an attachment component, a piezo resonator can be mechanically held like the 1st example, without affecting the resonance characteristic of a piezoelectric device.

[0078] Moreover, this invention is applicable also to the resonator and filter, for example, the surface wave equipment, of the others using the piezo-electric effect. Drawing 29 is the top view showing the surface wave resonator as the 4th example of the composite-material rocking equipment concerning this invention.

In the surface-wave resonator 121, 1st and 2nd

INTADEJITARUTORANSUDEYUSA (IDT) 123,124 is separated and arranged in surface-wave propagation on the rectangle tabular piezo-electric substrate 122.

And the 1st and 2nd reflecting layer 125,126 is combined with the surface wave propagation outside of the piezo-electric plate 122, and the attachment component 127,128 which becomes the outside of a reflecting layer 125,126

from a ceramic plate is connected. Here, they are the acoustic-impedance value  $Z_1$  of the piezo-electric plate 122, and the acoustic-impedance value  $Z_2$  of a reflecting layer 125,126. And acoustic impedance  $Z_3$  of an attachment

component 127,128 Since it is chosen like the 1st example, a surface wave is reflected and it can be made to operate as a surface wave resonator by the interface with the attachment component 127,128 of a reflecting layer 125,126.

Therefore, since a reflector is omissible, the miniaturization of a surface wave resonator can be attained.

[0079] Drawing 30 (a) The piezo resonators 131-133 shown in - (c) are each schematic-drawing-sectional view showing the piezo resonator which has the relation a relation and the direction A of vibration displacement of an oscillating member, the direction B of the propagation of vibration in an oscillating member, and the direction C of the propagation of vibration in a reflecting layer cross at right angles mutually, respectively.

[0080] In the piezo resonator 131, the piezoelectric device 134 using thickness skid mode is used. Here, although polarization processing of the piezoelectric device 134 is carried out in the direction of an arrow head of illustration, it has the

excitation electrode 135,136 and the direction A of vibration displacement also has a component parallel to an excitation electrode, a perpendicular component also becomes a certain thing and the direction B of the propagation of vibration in a piezoelectric device 134 is made into the direction parallel to the excitation electrode 135,136. On the other hand, the reflecting layer 137,138 is connected with the inferior surface of tongue of a piezoelectric device 134, and the direction of the propagation of vibration in this reflecting layer 137,138 lies at right angles to the direction of the propagation of vibration in a piezoelectric device 134. Attachment components 139a and 139b are connected with the field connected with the piezoelectric device 134 of a reflecting layer 137,138, and the field of the opposite side.

[0081] In drawing 30 (b), the attachment component 140 is used, and this attachment component 140 connects the attachment components 139a and 139b of drawing 30 (a), and is equivalent to the unified structure.

[0082] Thus, the attachment component prepared in the outside of a reflecting layer may be connected with the both sides of the 1st and 2nd reflecting layer. In the piezo resonator 133 shown in drawing 30 (c), the piezoelectric device 141 using thickness twist vibration is used. About other points, it is the same as that of the piezo resonator 1 shown in drawing 30 (a).

[0083] Although the piezoelectric device which used various oscillation modes as an oscillating member can be used in the composite-material rocking equipment concerning this invention as mentioned above, it may replace with a piezoelectric device and an electrostrictive effect component may be used. Furthermore, not only electric machine joint sensing elements, such as a piezoelectric device and an electrostriction component, but the source of vibration which generates various vibration can be used as an oscillating member of the composite-material rocking equipment concerning this invention.

[0084] Moreover, in this invention, the connection relation between an oscillating member, a reflecting layer, and an attachment component is not limited to each example and modification which were mentioned above. For example, as shown

in drawing 31 (a), (b), (c), and drawing 32 , the composite-material rocking equipment using two or more oscillating members can also be constituted.

[0085] In the composite-material rocking equipment shown in drawing 31 (a), the 1st and 2nd oscillating member 151,152 is connected through the reflecting layer 153, and the reflecting layer 154,155 and the attachment component 156,157 are connected with each outside of the 1st and 2nd oscillating member 151,152.

Here, a reflecting layer 155,156 constitutes the 1st and 2nd reflecting layer in this invention, and the attachment component 156,157 constitutes the 1st and 2nd attachment component in this invention. And the structure which the 1st and 2nd oscillating member 151,152 has connected by the reflecting layer 153 can be grasped as one oscillating member of the composite-material rocking equipment in this invention. Moreover, since the 1st and 2nd oscillating member 151,152 is connected through the reflecting layer 153, vibration spread from the 1st oscillating member to the reflecting layer 153 side is reflected by the interface of a reflecting layer 153 and the 2nd oscillating member 152, and vibration spread from the oscillating member 152 to the reflecting layer 153 side is conversely reflected by the interface of a reflecting layer 153 and the 1st oscillating member 151.

[0086] In the composite-material rocking equipment shown in drawing 31 (b), the 1st and 2nd reflecting layer 162,163 is connected with the both sides of the oscillating member 161, and the attachment component 164,165 is connected with the outside of the 1st and 2nd reflecting layer 162,163. That is, it is the same structure as the 1st example so far. A different place is to connect the 3rd reflecting layer 166, the 2nd oscillating member 167, the 4th reflecting layer 168, and the 3rd attachment component 169 with the outside of the 2nd attachment component 165 in this sequence. Here, vibration produced in the 2nd oscillating member 169 is reflected according to the interface of a reflecting layer 166,168 and an attachment component 165,169. That is, it is equivalent to the structure where two composite-material rocking equipment is connected, by preparing two composite-material rocking equipment of the 1st example, and serving as one

attachment component of both.

[0087] The composite-material rocking equipment 172,173 which consisted of composite-material rocking equipment 171 shown in drawing 32 like the 1st example is connected through the reflecting layer 174.

[0088] Moreover, as shown in drawing 31 (c), reflecting layers 186 and 187 and an attachment component 188,189 may be connected with the pan of the structure which connected the reflecting layer 182,183 and the attachment component 184,185 with the both sides of the oscillating member 181 on the outside of each attachment component 184,185.

[0089]

[Effect of the Invention] The 1st and 2nd reflecting layer is connected with the both sides of an oscillating generation source in the composite-material rocking equipment concerning this invention. The 1st and 2nd attachment component is connected with the side with which the oscillating member of the 1st and 2nd reflecting layer is connected in the opposite side. Acoustic-impedance value  $Z_2$  of a reflecting layer The acoustic-impedance value  $Z_1$  of an oscillating member and an attachment component, and  $Z_3$  Since it is made low, in the interface of a reflecting layer and an attachment component, vibration spread from the oscillating member to the reflecting layer is reflected. Therefore, it can support mechanically by the 1st and 2nd attachment component, without affecting the oscillation characteristic of an oscillating member.

[0090] In this invention, since vibration which connected the reflecting layer and the attachment component as mentioned above to the above-mentioned oscillating member, and has been spread to the reflecting layer in the interface of a reflecting layer and an attachment component is reflected, it is not limited especially about the oscillation mode or the concrete structure of an oscillating member. When following, for example, using a piezo-electric oscillating component as an oscillating member, various oscillation modes, such as the die-length oscillation mode, the crookedness oscillation mode, and flare mode, can be used, and the composite-material rocking equipment which may be supported

without needing the supporting structure with a complicated spring terminal etc. can be constituted using the oscillation mode which was not able to constitute an energy \*\*\*\*\* type piezo-electricity oscillating component conventionally.

[0091] Moreover, such the periodic-damping section is not needed in the composite-material rocking equipment which the piezo resonator using the conventional energy \*\*\*\*\* type thickness skid mode also requires for this invention to having had to constitute the periodic-damping section of a comparatively big area. Therefore, when the oscillation mode is used, compared with the piezo-electric oscillating component of the conventional energy \*\*\*\*\* type, a smaller piezo resonator and a piezo-electric filter can be offered by using this invention.

[0092] The acoustic-impedance ratio  $Z_2 / Z_1$  Composite-material rocking equipment can be supported in an attachment component, without having most effects on the oscillation characteristic in an oscillating member, in being 0.2 or less, and it is the acoustic-impedance ratio  $Z_2 / Z_3$  similarly. Also when it is 0.2 or less, even if it supports mechanically by the attachment component, it can be made still smaller than the oscillation characteristic of an oscillating member.

[0093] With the side with which the 1st and 2nd reflecting layer of the 1st and/or the 2nd attachment component is connected, when the 3rd reflecting layer, the 2nd oscillating member, the 4th reflecting layer, and the 3rd attachment component are connected with the opposite side in this sequence, according to this invention, the filter using two oscillating members etc. can be constituted easily. Moreover, it also sets to the composite-material rocking equipment with which the 1st attachment component, the 1st reflecting layer, the 1st oscillating member, the 2nd reflecting layer, the 2nd oscillating member, the 3rd reflecting layer, and the 2nd attachment component are connected in this sequence. Since it can support mechanically by the 1st and 2nd attachment component, without affecting the oscillation characteristic of the 1st and 2nd oscillating member according to this invention, a small piezo-electric filter, compound piezo-electricity resonance components, etc. using various oscillation modes can be

offered.

[0094] In this invention, when wavelength of vibration by which the distance from an interface with the oscillating member of a reflecting layer to the interface of a reflecting layer and an attachment component has been spread is set to  $\lambda$  and it considers as the range of  $n\lambda / 4 \sim \lambda/8$ , the effect of the oscillation characteristic of the oscillating member at the time of performing mechanical support by the attachment component can be mitigated further.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] (a) and (b) are the perspective view and drawing of longitudinal section showing the piezo resonator as composite-material rocking equipment concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 2] Typical drawing of longitudinal section showing the displacement distribution analyzed with the finite element method of a piezo resonator shown in drawing 1 .

[Drawing 3] The perspective view showing the condition of having mounted the piezo resonator concerning the 1st example in the mounting substrate.

[Drawing 4] Drawing showing the resonance characteristic before mounting in the mounting substrate of the piezo resonator concerning the 1st example.

[Drawing 5] Drawing showing the resonance characteristic after mounting in the mounting substrate of the piezo resonator concerning the 1st example.

[Drawing 6] The outline block diagram of the composite-material rocking equipment concerning this invention.

[Drawing 7] The acoustic-impedance ratio  $Z2 / Z1$  in the piezo resonator of the 1st example Drawing showing relation with resonance frequency rate of change.

[Drawing 8] The acoustic-impedance ratio  $Z2 / Z1$  in the piezo resonator of the 1st example Drawing showing relation with fractional-bandwidth rate of change.

[Drawing 9] The acoustic-impedance ratio  $Z2 / Z3$  in the piezo resonator of the 1st example Drawing showing relation with resonance frequency rate of change.

[Drawing 10] The acoustic-impedance ratio  $Z2 / Z3$  in the piezo resonator of the 1st example Drawing showing relation with fractional-bandwidth rate of change.

[Drawing 11] Drawing showing the relation of the dimension and resonator frequency rate of change which meet in the die-length direction of the piezo resonator of the reflecting layer at the time of using the reflecting layer of various acoustic impedances.

[Drawing 12] Drawing showing the relation of the dimension and fractional-bandwidth rate of change which meet in the die-length direction of the piezo resonator of the reflecting layer at the time of using the reflecting layer of various acoustic impedances.

[Drawing 13] Drawing showing the frequency rate of change at the time of changing the dimension which meets in the thickness of a reflecting layer, i.e., the die-length direction of a piezo resonator.

[Drawing 14] Drawing showing the fractional-bandwidth rate of change at the time of changing the dimension which meets in the thickness of a reflecting layer, i.e., the die-length direction of a piezo resonator.

[Drawing 15] (a) and (b) are the perspective view of the piezo resonator as the 2nd example of this invention, and partial notching cross-section drawing of



longitudinal section.

[Drawing 16] The perspective view showing the condition of having mounted the piezo resonator of the 2nd example on the mounting substrate.

[Drawing 17] Drawing showing the resonance characteristic of the condition before mounting the piezo resonator of the 2nd example in a mounting substrate.

[Drawing 18] Drawing showing the resonance characteristic of the condition after mounting the piezo resonator of the 2nd example in a mounting substrate.

[Drawing 19] The decomposition perspective view for explaining the application as filter components using two piezo resonators.

[Drawing 20] The perspective view showing the piezo resonator using the thickness skid mode as the 3rd example of the composite-material rocking equipment concerning this invention.

[Drawing 21] The perspective view showing the condition of having mounted the piezo resonator of the 3rd example in the mounting substrate.

[Drawing 22] Drawing showing the resonance characteristic in the condition of having mounted the piezo resonator of the 3rd example in the mounting substrate.

[Drawing 23] The schematic-drawing-sectional view showing the piezo resonator using the thickness longitudinal oscillation as a modification of the composite-material rocking equipment of this invention.

[Drawing 24] The schematic-drawing-sectional view for explaining the piezo resonator using the thickness longitudinal-oscillation mode of the laminating mold as other modifications of the composite-material rocking equipment concerning this invention.

[Drawing 25] (a) - (c) is the schematic-drawing-sectional view showing each modification of the piezo resonator using the die-length mode constituted according to this invention.

[Drawing 26] Drawing showing the displacement distribution analyzed by the Arimoto element method of a configuration of having arranged the reflecting layer in the direction which intersects perpendicularly in this invention to the direction

of the propagation of vibration of the piezoelectric device using die-length mode.  
[Drawing 27] (a) and (b) are the schematic-drawing-sectional view showing each modification of the piezo resonator which comes to connect a reflecting layer and an attachment component with the both sides of a piezoelectric device which are constituted according to this invention and used thickness longitudinal oscillation.  
[Drawing 28] The schematic-drawing-sectional view of the piezo resonator which has the piezoelectric device which is composite-material rocking equipment constituted according to this invention, and used thickness torsion mode as an oscillating member.

[Drawing 29] It is the top view showing the surface wave resonator as other modifications of the composite-material rocking equipment concerning this invention.

[Drawing 30] (a) - (c) is the schematic-drawing-sectional view showing each piezo resonator using the thickness skid mode as a modification of the composite-material rocking equipment concerning this invention.

[Drawing 31] (a) - (c) is the outline block diagram of the composite-material rocking equipment concerning this invention, and shows the modification of the composite-material rocking equipment which has the 1st and 2nd oscillating member, respectively.

[Drawing 32] The 1st, the outline block diagram showing other examples of the composite-material rocking equipment concerning this invention which has the 2nd oscillating member.

[Drawing 33] Schematic-drawing-partial notching drawing of longitudinal section for explaining the condition of having mounted the conventional energy \*\*\*\*\* type piezo resonator on the substrate.

[Drawing 34] Drawing of longitudinal section showing an example of the conventional bulk mold acoustic wave filter.

[Description of Notations]

1 -- Piezo resonator (composite-material rocking equipment)

2 -- Piezoelectric device

3 4 -- The 1st and 2nd reflecting layer  
5 6 -- The 1st and 2nd attachment component  
7 8 -- Excitation electrode  
9 10 -- Terminal electrode  
31 -- Piezo resonator (composite-material rocking equipment)  
32 -- Piezoelectric device (composite-material rocking equipment)  
33 34 -- The 1st and 2nd reflecting layer  
35 36 -- The 1st and 2nd attachment component  
61 -- Piezo resonator (composite-material rocking equipment)  
62 -- Piezoelectric device  
65 66 -- Reflecting layer  
67 68 -- Attachment component  
81 -- Piezo resonator  
82 -- Piezoelectric device  
85 86 -- Reflecting layer  
87 88 -- Attachment component  
91 -- Piezo resonator  
92 -- Piezoelectric device  
101-103 -- Piezo resonator  
104 -- Piezoelectric device  
105,106 -- Reflecting layer  
107,108 -- Attachment component  
111,112 -- Piezo resonator  
111a, 112a -- Piezoelectric device  
113 -- Piezo resonator  
113a -- Piezoelectric device  
115,116 -- Reflecting layer  
117,118 -- Attachment component  
121 -- Surface wave resonator  
122 -- Piezo-electric plate

125,126 -- Reflecting layer  
127,128 -- Attachment component  
151,152 -- Oscillating member  
153 -- Reflecting layer  
154,155 -- Reflecting layer  
156,157 -- Attachment component  
161 -- 1st oscillating member  
162,163 -- The 1st and 2nd reflecting layer  
164,165 -- The 1st and 2nd attachment component  
166 -- Reflecting layer  
167 -- Oscillating member  
168 -- Reflecting layer  
169 -- Attachment component  
171 -- Composite-material rocking equipment  
172,173 -- Composite-material rocking equipment  
174 -- Reflecting layer

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.**

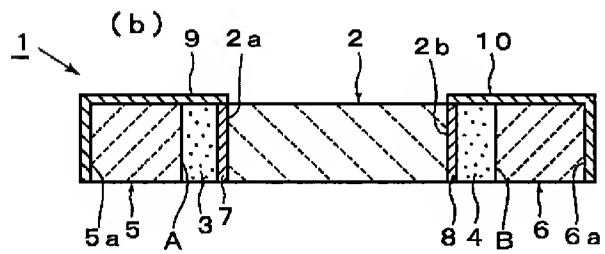
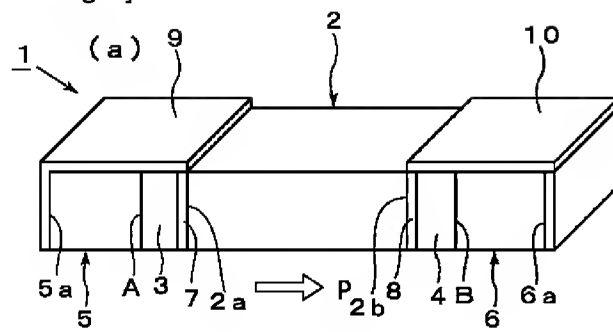
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

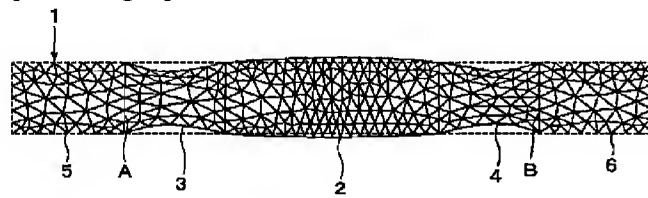
**DRAWINGS**

---

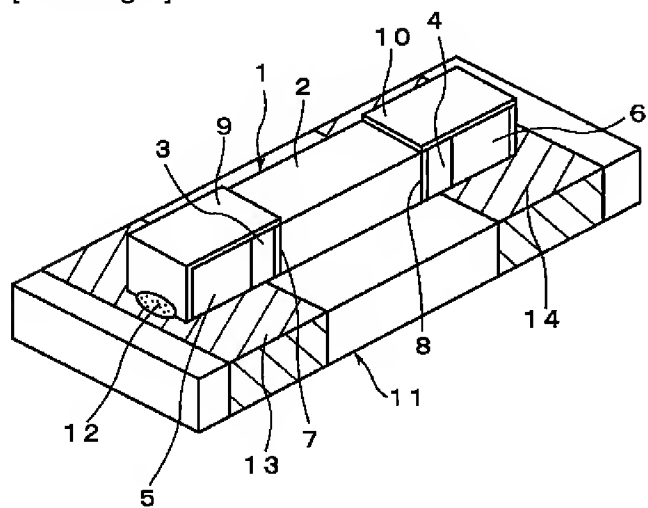
[Drawing 1]



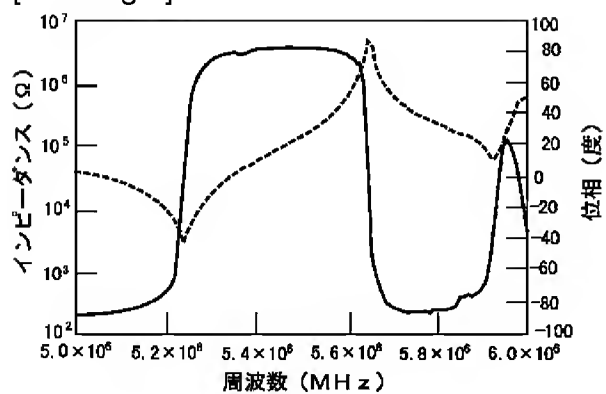
[Drawing 2]



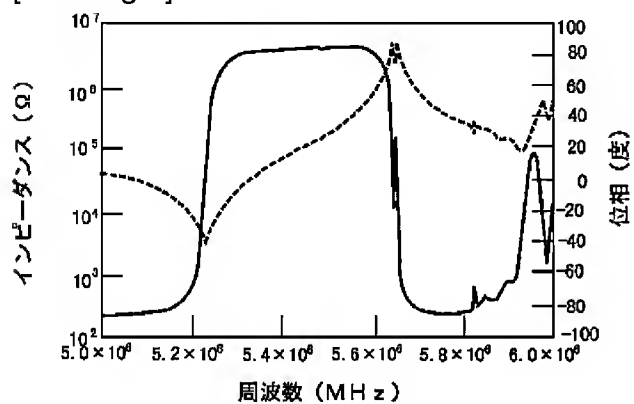
[Drawing 3]



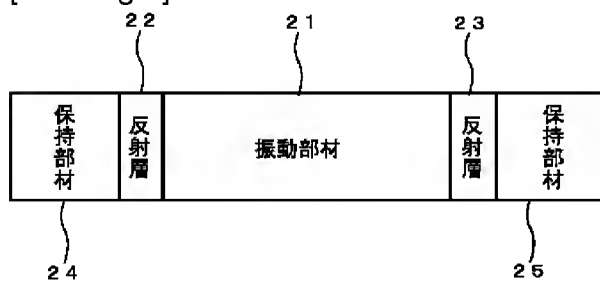
[Drawing 4]



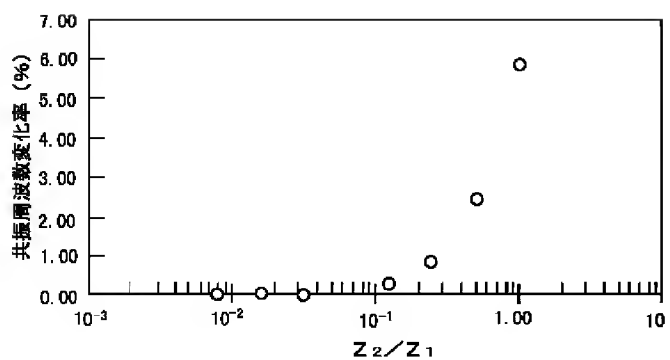
[Drawing 5]



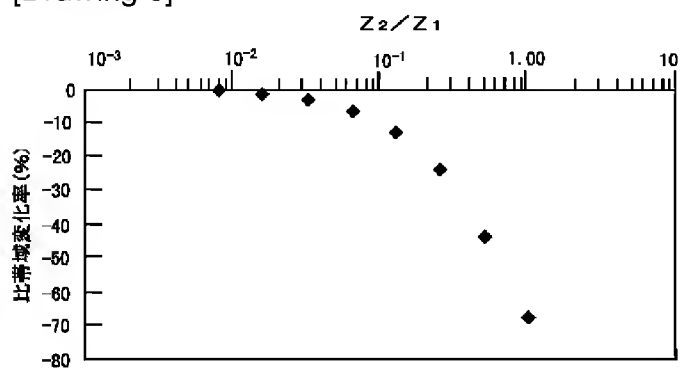
[Drawing 6]



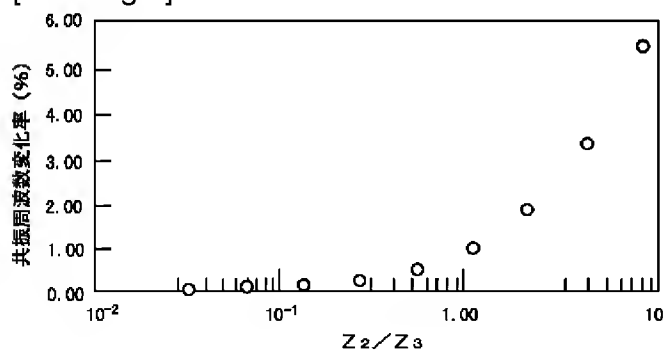
[Drawing 7]



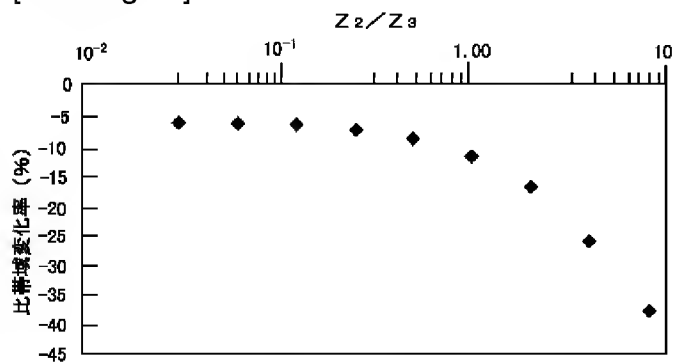
[Drawing 8]



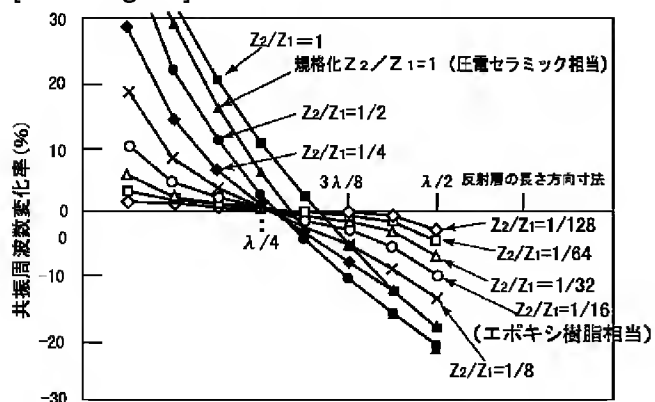
[Drawing 9]



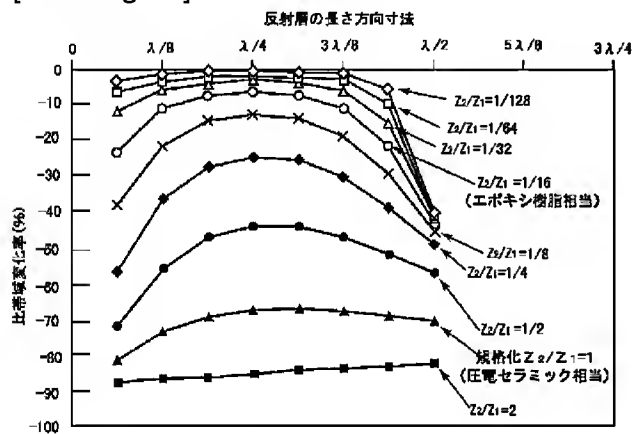
[Drawing 10]



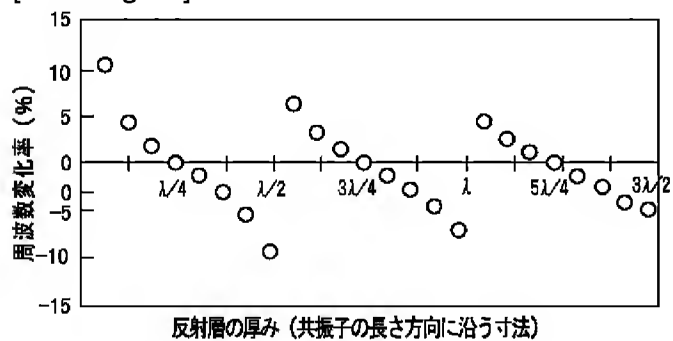
[Drawing 11]



[Drawing 12]

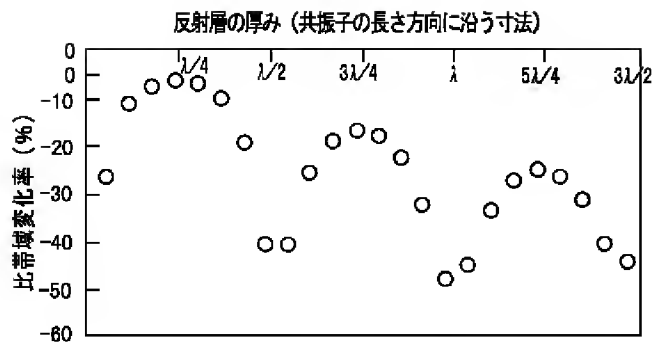


[Drawing 13]

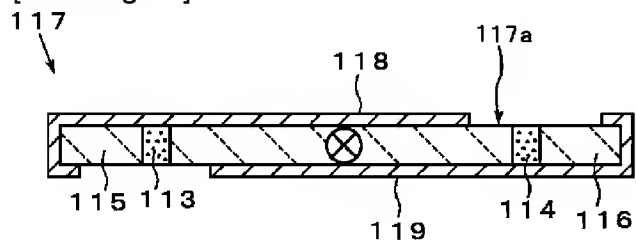


[Drawing 14]

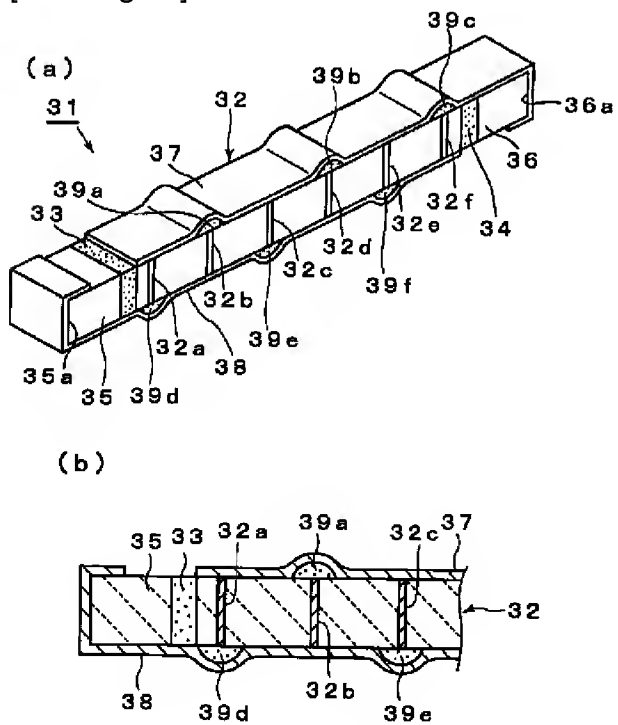




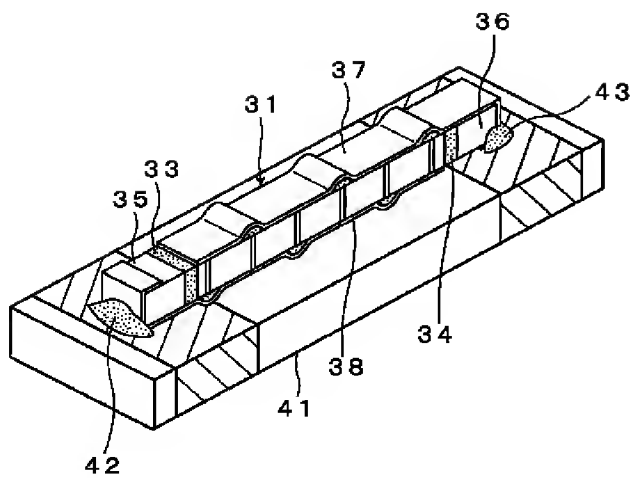
[Drawing 28]



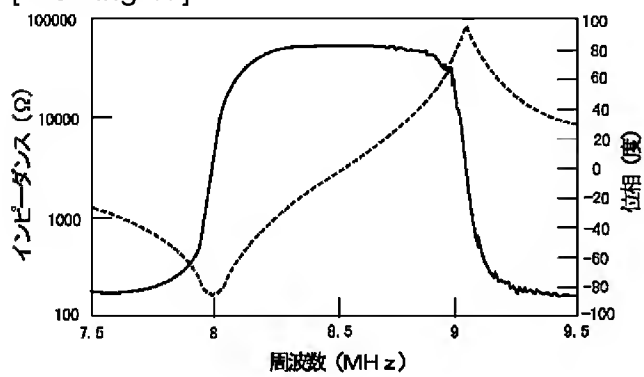
[Drawing 15]



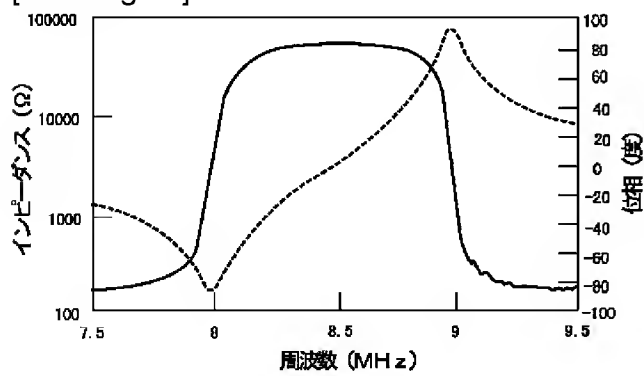
[Drawing 16]



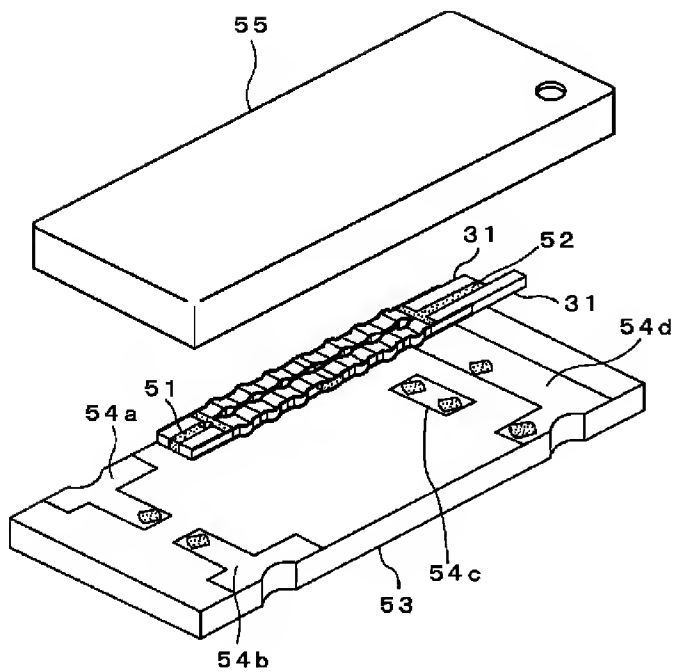
[Drawing 17]



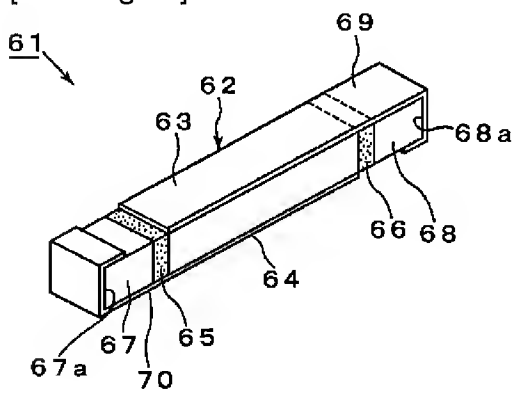
[Drawing 18]



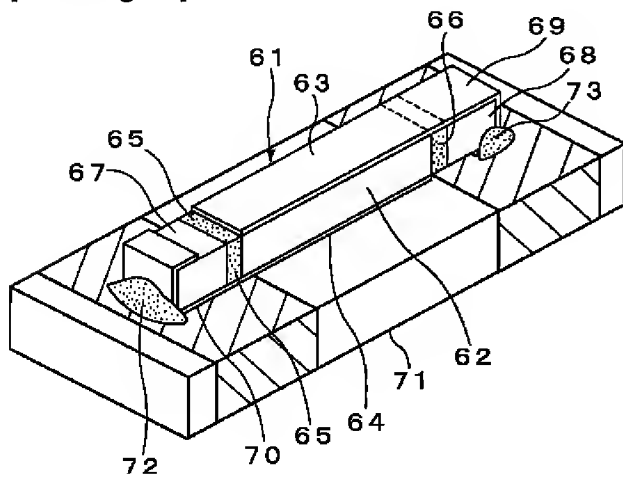
[Drawing 19]



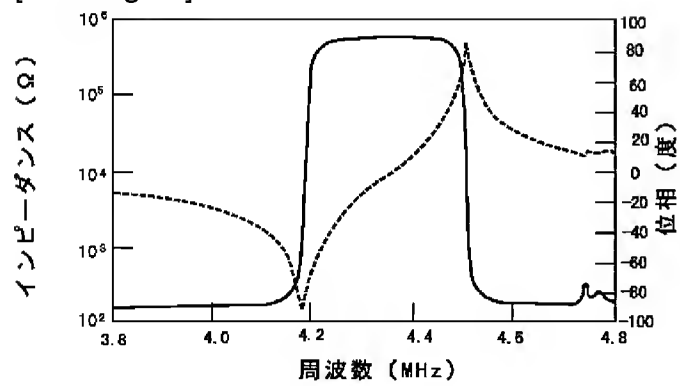
[Drawing 20]



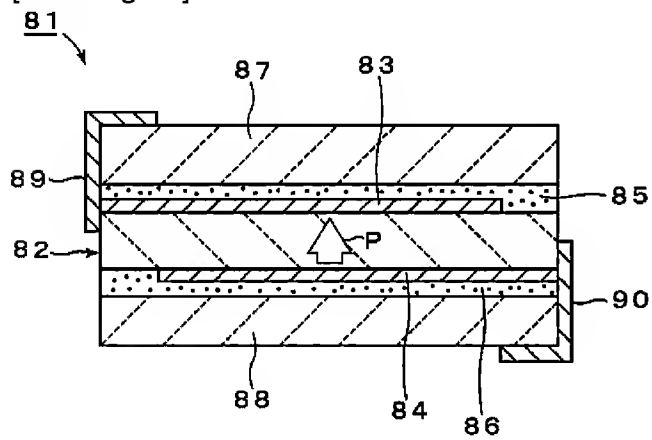
[Drawing 21]



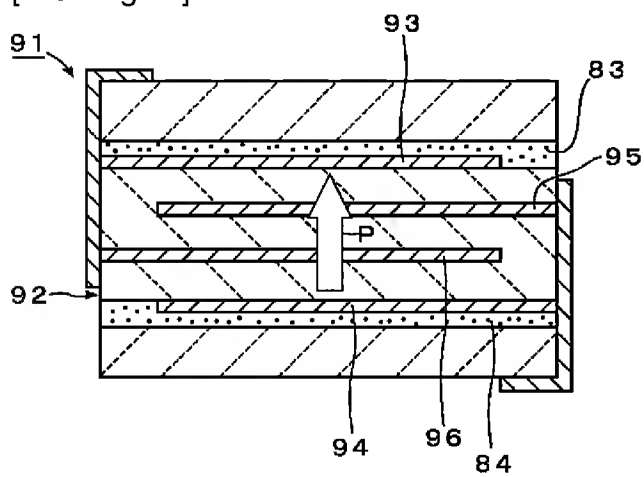
[Drawing 22]



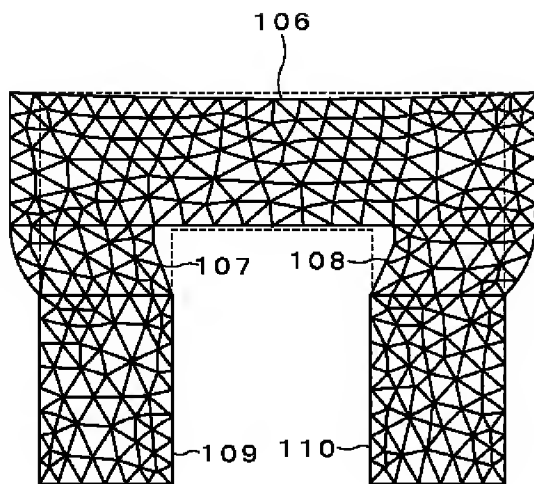
[Drawing 23]



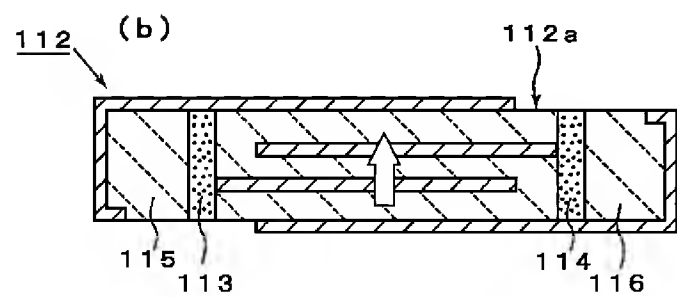
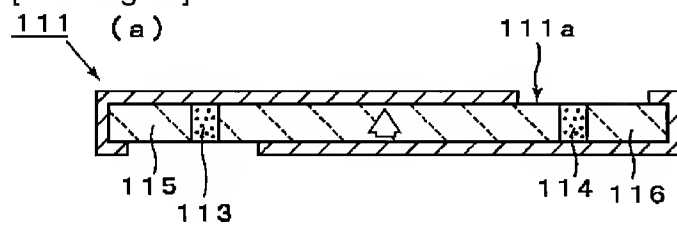
[Drawing 24]



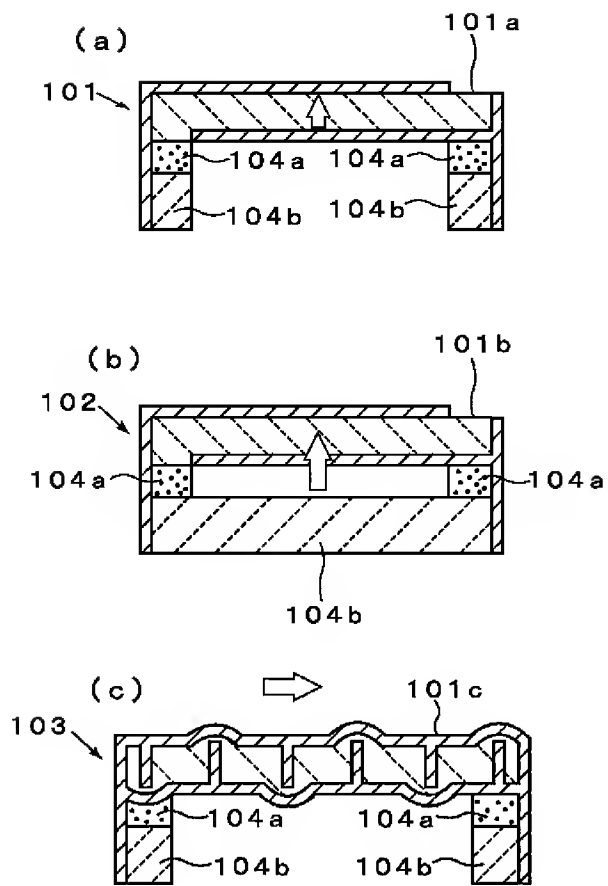
[Drawing 26]



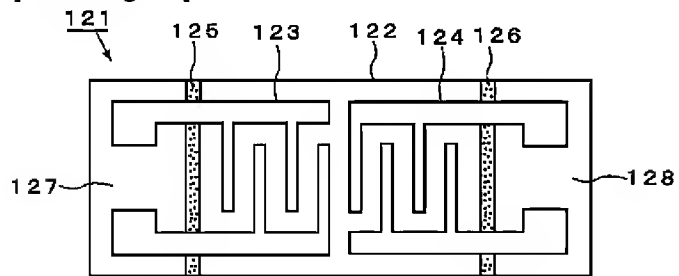
[Drawing 27]



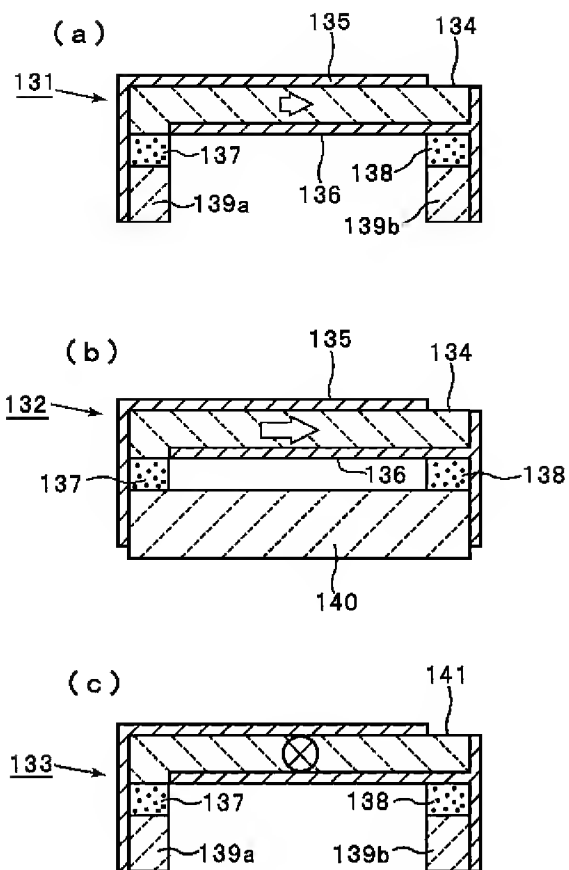
[Drawing 25]



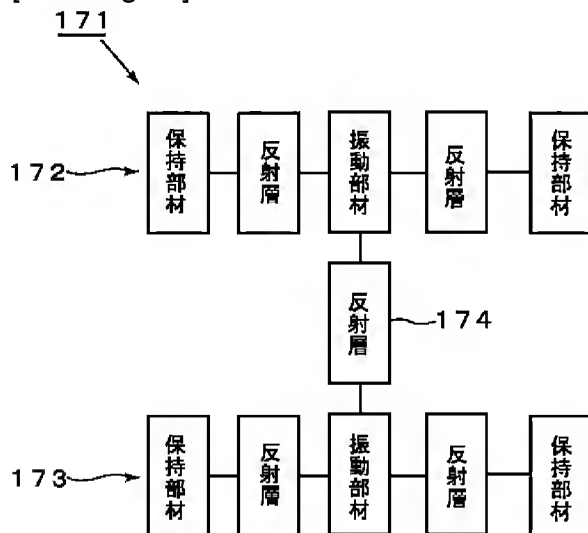
[Drawing 29]



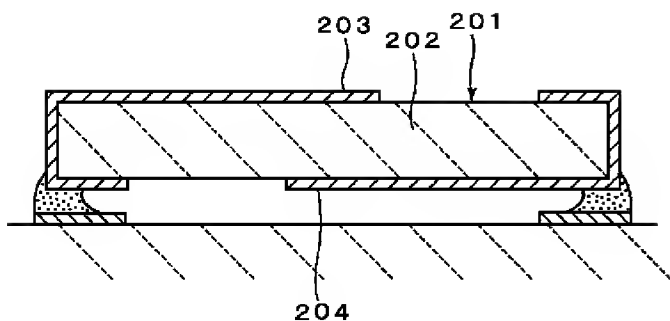
[Drawing 30]



[Drawing 32]

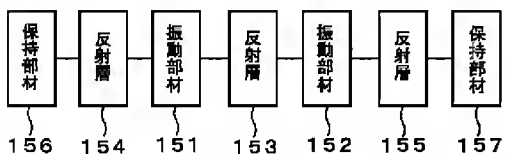


[Drawing 33]

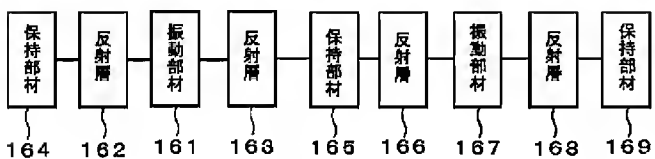


[Drawing 31]

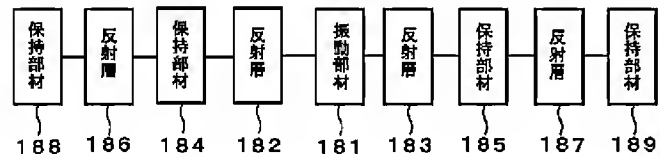
(a)



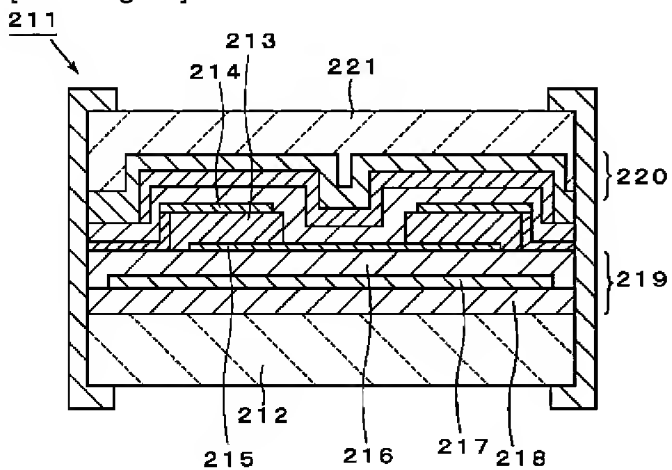
(b)



(c)



[Drawing 34]





---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-164764  
(P2002-164764A)

(43) 公開日 平成14年6月7日(2002.6.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 3 H 9/17		H 0 3 H 9/17	B 5 J 1 0 8
			E
H 0 1 L 41/09		9/205	
H 0 3 H 9/205		9/54	Z
9/54		H 0 1 L 41/08	U
審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 17 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-359816(P2000-359816)

(22) 出願日 平成12年11月27日(2000.11.27)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 西村 俊雄

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 井上 二郎

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(74) 代理人 100086597

弁理士 宮▼崎▲ 主税

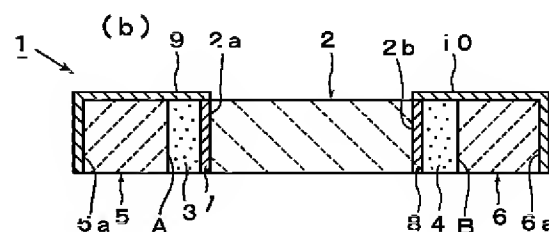
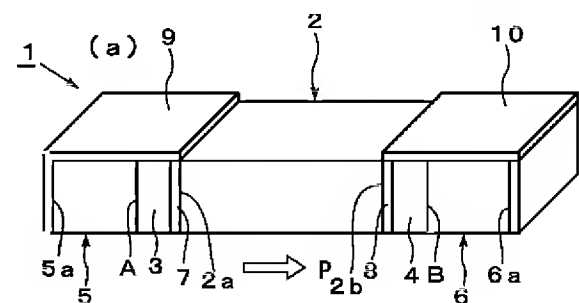
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 複合材料振動装置

## (57) 【要約】

【課題】 利用する振動モードの制約がなく、振動減衰部を必要とせず、簡単な構造で機械的に支持することができ、小型化が可能な振動装置を提供する。

【解決手段】 第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ を有する材料からなり、振動発生源となる振動部材としての圧電素子2と、第1の音響インピーダンス $Z_1$ よりも低い音響インピーダンス $Z_2$ を有する材料からなり、圧電素子2の両側に連結された第1、第2の反射層3、4と、反射層3、4の外側に連結されており、第2の音響インピーダンス $Z_2$ よりも大きな音響インピーダンス値 $Z_3$ を有する材料からなる第1、第2の保持部材5、6とを備え、反射層3、4と保持部材5、6との界面において圧電素子2から伝搬してきた振動が反射される、複合材料振動装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 音響インピーダンスが異なる複数の材料部分が結合されている複合材料振動装置であって、第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ を有する材料からなり、かつ振動発生源となる振動部材と、第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ よりも低い第2の音響インピーダンス値 $Z_2$ を有する材料からなり、かつ前記振動部材の両側に連結された第1、第2の反射層と、前記第2の音響インピーダンス値 $Z_2$ よりも大きな第3の音響インピーダンス値 $Z_3$ を有する材料からなり、前記第1、第2の反射層の振動部材が連結されている側とは反対側に連結された保持部材とを備え、前記反射層と前記保持部材との界面において前記振動部材から反射層に伝播してきた振動が反射されるように構成されていることを特徴とする、複合材料振動装置。

【請求項2】 前記第2の音響インピーダンス値 $Z_2$ の第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ に対する比 $Z_2/Z_1$ が0.2以下である、請求項1に記載の複合材料振動装置。

【請求項3】 前記第2の音響インピーダンス値 $Z_2$ の第3の音響インピーダンス $Z_3$ に対する比 $Z_2/Z_3$ が0.2以下である、請求項1または2に記載の複合材料振動装置。

【請求項4】 前記振動部材が電気機械結合変換素子である、請求項1～3のいずれかに記載の複合材料振動装置。

【請求項5】 前記電気機械結合変換素子が圧電素子または電歪素子である、請求項4に記載の複合材料振動装置。

【請求項6】 前記第1及び／または第2の保持部材の前記第1、第2の反射層が連結されている側とは反対側に、第3の反射層、第2の振動部材、第4の反射層及び第3の保持部材がこの順序で連結されている、請求項1～5のいずれかに記載の複合材料振動装置。

【請求項7】 音響インピーダンスが異なる複数の材料部分が結合されてなる複合材料振動装置であって、第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ を有する材料からなり、かつ振動発生源となる第1、第2の振動部材と、第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ よりも低い第2の音響インピーダンス値 $Z_2$ を有する材料からなる反射層と、第2の音響インピーダンス $Z_2$ よりも大きな第3の音響インピーダンス $Z_3$ を有する材料からなる保持部材を備え、第1の保持部材、第1の反射層、第1の振動部材、第2の反射層、第2の振動部材、第3の反射層及び第2の保持部材がこの順序で連結されており、第1、第2の振動部材で発生した各振動が、第1または第3の反射層と、第1または第2の保持部材との界面により、並びに前記第2の反射層の第2の振動部材または第1の振動部材との界面により反射される、複合材料振動装置。

【請求項8】 前記反射層が、音響インピーダンスが異なる複数の材料層を積層することにより構成されている、請求項1～7のいずれかに記載の複合材料振動装置。

【請求項9】 前記振動部材が単独で振動したときの振動の波長を $\lambda$ としたときに、反射層と振動部材との界面から反射層と保持部材との界面までの距離が、 $n \cdot \lambda / 4 \pm \lambda / 8$  ( $n$ は奇数)の範囲にあることを特徴とする、請求項1～8のいずれかに記載の複合材料振動装置。

【請求項10】 前記振動部材の振動変位方向をA、振動部材における振動伝播方向をB、前記反射層における振動伝播方向をCとしたときに、方向A～Cが互いに平行である、請求項5に記載の複合材料振動装置。

【請求項11】 前記振動部材の振動変位方向A、振動部材における振動伝播方向B、反射層における振動伝播方向をCとしたときに、方向Aと方向Bとが平行であり、方向Bと方向Cとが直交する関係にある、請求項5に記載の複合材料振動装置。

【請求項12】 前記振動部材の振動変位方向A、前記振動部材における振動伝播方向B、前記反射層における振動伝播方向Cとしたとき、方向Aと方向Bとが直交しており、方向Bと方向Cとが平行にある、請求項5に記載の複合材料振動装置。

【請求項13】 前記振動部材の振動変位方向A、前記振動部材における振動伝播方向B、前記反射層における振動伝播方向Cとしたとき、方向Aと方向Bとが直交しており、方向Bと方向Cとが直交している関係にある、請求項5に記載の複合材料振動装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、様々な振動部材を該振動部材の振動に影響を与えることなく保持し得る構造を備えた複合材料振動装置に関し、例えば、振動部材として圧電素子や電歪素子を用いた複合材料振動装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、共振子やフィルタ等に圧電振動部品が広く用いられている。例えば圧電共振子では、目的とする共振周波数を得るために、様々な振動モードが用いられている。これらの振動モードとしては、厚み縦振動、厚みすべり振動、長さ振動、幅振動、拡がり振動、または屈曲振動等が知られている。

【0003】圧電共振子においては、振動モードの種類によって保持構造が異なる。厚み縦振動や厚みすべり振動を用いた場合には、エネルギー閉じ込め型の圧電共振子を構成し得るので、圧電共振子の端部において圧電共振子を機械的に保持することができる。この種の厚みすべり振動を利用したエネルギー閉じ込め型の圧電共振子の一例を図33に示す。圧電共振子201では、ストリ

ップ状の圧電板202の上面に共振電極203が形成されており、圧電板202の下面に共振電極203と対向するように共振電極204が形成されている。共振電極203、204は圧電板202の長さ方向中央で対向されており、該対向部分がエネルギー閉じ込め型の圧電振動部を構成している。エネルギー閉じ込め型であるため、振動は圧電振動部にほぼ閉じ込められる。従って、圧電共振電極201では、圧電振動部の振動を阻害することなく端部において機械的に保持することができる。

【0004】もっとも、エネルギー閉じ込め型の圧電共振電極201では、圧電振動部に振動エネルギーが閉じ込められるものの圧電振動部の外側に比較的大きな面積の振動減衰部を構成しなければならない。従って、例えば、厚みすべりモードを利用したストリップ状の圧電共振子201では、長さ寸法が大きくならざるを得なかった。

【0005】他方、長さ振動、幅振動、拡がり振動または屈曲振動を利用した圧電共振子では、エネルギー閉じ込め型の圧電共振部を構成することができない。従って、共振特性に影響を与えないために、バネ性を有する金属端子を用い、該金属端子を圧電共振子の振動のノードに接触させることにより保持構造が構成されている。

【0006】他方、特開平10-270979号公報には、図34に示すバルク型音波フィルタ211が開示されている。バルク型音波フィルタ211では、基板212上に複数の膜を積層することによりフィルタが構成されている。すなわち、この積層構造中には、圧電層213が形成されており、該圧電層213の上面及び下面に電極214、215が積層されて、圧電共振子が構成されている。また、この圧電共振子の下面には、シリコンやポリシリコン等の膜を積層することにより上層216、中層217及び下層218からなる積層構造の音響ミラー219が構成されている。ここでは、中層217の音響インピーダンスが、上層216及び下層218の音響インピーダンスよりも高くされている。この音響ミラー219により、圧電共振子により生じた振動の基板212への伝達が遮断されるとされている。

【0007】他方、圧電共振子の上方には、同様に構成された音響ミラー220が積層されており、該音響ミラー220上にパッシベーション膜221が形成されている。パッシベーション膜221は、エポキシ、 $\text{SiO}_2$ あるいはその他の適当な保護性材料で構成されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来のエネルギー閉じ込め型の圧電共振子では、圧電振動部の外側に振動減衰部を構成する必要があるため、接着剤等を用いて機械的に保持し得るものの、圧電共振子201の寸法が大きくならざるを得なかった。

【0009】他方、長さ振動モードや拡がり振動モードを利用した非エネルギー閉じ込め型の圧電共振子では、

振動減衰部は必要でないものの、圧電共振子自体を接着剤や半田等を用いて固定・保持した場合には共振特性が損なわれる。従って、バネ端子等を用いて支持しなければならず、支持構造が複雑であり、かつ多数の部品を必要とする。

【0010】特開平10-270979号公報に記載のバルク型音波フィルタでは、上記のように基板202上に複数の膜を積層することにより圧電共振子と、該圧電共振子と基板とを音響的に絶縁する音響ミラー119が構成されている。従って、圧電共振子が基板212に対して積層構造を有する音響ミラー219により音響的に遮断されて支持されている。

【0011】しかしながら、上記バルク型音波フィルタ211では、基板212上において、多数の層を積層し、下部の音響ミラー219と、圧電共振子や圧電フィルタを構成する積層構造と、上部音響ミラー220を構成する多数の層を形成しなければならない、さらに最上部にパッシベーション膜221を形成しなければならない。従って、構造が複雑であり、かつ利用する圧電共振子における振動モードについても積層構造により構成されるものであるため制約があった。

【0012】上記のように、従来、圧電共振子等の振動源を、その振動特性を阻害することなく支持するには、振動モードの制約があったり、部品が大型化したり、構造が複雑になったりするという問題があった。

【0013】本発明の目的は、上述した従来技術の欠点を解消し、様々なモードの振動部材を、比較的簡単な構造で該振動部材の振動特性に影響をほとんど与えることなく支持することが可能な構造を備えた複合材料振動装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の広い局面によれば、音響インピーダンスが異なる複数の材料部分が結合されている複合材料振動装置であって、第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ を有する材料からなり、かつ振動発生源となる振動部材と、第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ よりも低い第2の音響インピーダンス値 $Z_2$ を有する材料からなり、かつ前記振動部材の両側に連結された第1、第2の反射層と、前記第2の音響インピーダンス値 $Z_2$ よりも大きな第3の音響インピーダンス値 $Z_3$ を有する材料からなり、前記第1、第2の反射層の振動部材が連結されている側とは反対側に連結された保持部材とを備え、前記反射層と前記保持部材との界面において前記振動部材から反射層に伝播してきた振動が反射されるように構成されている複合材料振動装置が提供される。

【0015】本発明の特定の局面では、前記第2の音響インピーダンス値 $Z_2$ の第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ に対する比 $Z_2/Z_1$ が0.2以下、より好ましくは0.1以下とされる。

【0016】本発明の別の特定の局面では、前記第2の

音響インピーダンス値 $Z_2$ の第3の音響インピーダンス $Z_3$ に対する比 $Z_2/Z_3$ が0.2以下、より好ましくは0.1以下とれる。

【0017】本発明のある限定的な局面では、上記振動部材として電気機械結合変換素子が用いられ、より限定的な局面では、該電気機械結合変換素子として圧電素子または電歪素子が用いられる。

【0018】本発明の他の特定の局面では、前記第1及び/または第2の保持部材の前記第1、第2の反射層が連結されている側とは反対側に、第3の反射層、第2の振動部材、第4の反射層及び第3の保持部材がこの順序で連結されている。

【0019】本発明の別の広い局面によれば、音響インピーダンスが異なる複数の材料部分が結合されてなる複合材料振動装置であって、第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ を有する材料からなり、かつ振動発生源となる第1、第2の振動部材と、第1の音響インピーダンス値 $Z_1$ よりも低い第2の音響インピーダンス値 $Z_2$ を有する材料からなる反射層と、第2の音響インピーダンス $Z_2$ よりも大きな第3の音響インピーダンス $Z_3$ を有する材料からなる保持部材を備え、第1の保持部材、第1の反射層、第1の振動部材、第2の反射層、第2の振動部材、第3の反射層及び第2の保持部材がこの順序で連結されており、第1、第2の振動部材で発生した各振動が、第1または第3の反射層と、第1または第2の保持部材との界面により、並びに前記第2の反射層の第2の振動部材または第1の振動部材との界面により反射される、複合材料振動装置が提供される。

【0020】本発明の他の特定の局面では、前記反射層が、音響インピーダンスが異なる複数の材料層を積層することにより構成されている。本発明の別の特定の局面では、前記振動部材が単独で振動したときの振動の波長を $\lambda$ としたときに、反射層と振動部材との界面から反射層と保持部材との界面までの距離が、 $n \cdot \lambda / 4 \pm \lambda / 8$  ( $n$ は奇数)の範囲にあるように構成される。

【0021】本発明に係る複合材料振動装置では、振動部材の振動変位方向A、振動部材における振動伝播方向B、反射層における振動伝播方向Cとしたとき、方向A～Cについては、様々に組み合わせることができる。例えば、方向A～Cは互いに平行であってもよい。また、方向Aと方向Bとが平行であり、方向Bと方向Cとが直交する関係にあってもよい。さらに、方向Aと方向Bとが直交しており、方向Bと方向Cとが平行であってもよい。また、方向Aと方向Bとが直交しており、方向Bと方向Cとが直交していてもよい。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施例を説明することにより、本発明をより詳細に説明する。

【0023】図1(a)、(b)は、本発明の一実施例

に係る複合材料振動装置としての圧電共振子を示す斜視図及び縦断面図である。圧電共振子1は、振動部材としてのストリップ状の圧電素子2と、圧電素子2の長さ方向両端に連結された反射層3、4と、反射層3、4の外側に連結された保持部材5、6とを有する。

【0024】圧電素子2は、チタン酸鉛系セラミックスからなり、その音響インピーダンス $Z_1$ は $3.4 \times 10^7 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ である。圧電素子2は、矢印P方向に、すなわち長さ方向に分極処理されている。

【0025】圧電素子2は、ストリップ状の形状を有し、上面、下面、及び一对の側面が矩形の形状を有する。言い換えれば、圧電素子2は、角棒状の形状を有する。圧電素子2の対向し合う一对の端面2a、2bには、励振電極7、8が形成されている。励振電極7、8から交流電圧を印加することにより圧電素子2は端面2a、2bを長さ方向とする長さモードで振動する。すなわち、圧電素子2は、長さモードを利用した圧電共振素子である。圧電共振子1においては、励振電極7、8に電氣的に接続されるように圧電共振子1の上面に端子電極9、10が形成されている。端子電極9、10は、圧電共振子1の上面だけでなく、端面である保持部材5、6の外側端面5a、6aに至るように形成されている。従って、プリント回路基板等に、端子電極9、10を利用して容易に表面実装することができる。反射層3、4は、本実施例では、音響インピーダンスが $1.87 \times 10^6 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ であるエポキシ樹脂により構成されている。また、保持部材5、6は、音響インピーダンスが $3.4 \times 10^7 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ であるセラミックスからなるセラミックスにより構成されている。

【0026】長さモードを利用した圧電共振素子は、振動の伝播方向が長さ方向であり、分極方向Pと平行な方向であるため、通常、振動に影響を与えることなく端面2a、2bにおいて支持することができない。

【0027】本実施例では、反射層3、4及び保持部材5、6を有するため、長さモードを利用した圧電素子2の振動特性に影響を与えることなく圧電共振子1を支持することが可能とされている。これを、図2～図5を参照して説明する。なお、以下において、長さとは圧電共振子1の長さ方向に沿う寸法をいうものとする。

【0028】圧電素子2の長さ $L_1 = 0.98 \text{ mm}$ 、共振子周波数 $F_1 = 2 \text{ MHz}$ 、反射層3、4の長さ $L_2 = 0.25 \text{ mm}$ 、保持部材5、6の長さ $= 0.4 \text{ mm}$ として上記圧電共振子1の変位状態を有限要素法で解析した。結果を図2に示す。

【0029】図2から明らかなように、保持部材5、6では、変位がほとんど生じていない。従って、圧電素子2の共振特性に影響を与えることなく保持部材5、6を利用して、圧電共振子1を支持し得ることがわかる。これは、反射層3、4の音響インピーダンス $Z_2$ が圧電素子2の音響インピーダンス $Z_1$ よりも低く、かつ保持部

材5, 6の音響インピーダンス $Z_3$ よりも低いため、反射層3, 4と保持部材5, 6との界面A, Bにおいて圧電素子2から伝播してきた振動が反射され、振動が保持部材5, 6にほとんど伝播しないためと考えられる。

【0030】本願発明者らは、圧電共振子1の結果に鑑み、圧電共振子1における圧電素子2、反射層3, 4及び保持部材5, 6を構成する材料及びこれらの寸法を種々変更して実験を繰り返したところ、上記のように、第1, 第2の反射層3, 4の音響インピーダンス $Z_2$ を、圧電素子2の音響インピーダンス $Z_1$ 及び保持部材5, 6の音響インピーダンス $Z_3$ よりも小さくすれば、上記実施例と同様に保持部材5, 6への圧電素子2からの振動の伝播をほぼ抑制し得ることを見出した。これを、図4及び図5を参照しつつ具体的な実験例に基づいて説明する。

【0031】図4は、下記の仕様で圧電共振子1を構成した場合のインピーダンス－周波数特性及び位相－周波数特性を示す。なお、実線が位相－周波数特性を、破線がインピーダンス－周波数特性を示す。また、図4及び図5の縦軸及び横軸のNE+Onは、 $N \times 10^N$ であることを示し、例えば $1E+02$ は $1 \times 10^2$ である。

【0032】圧電共振子1の仕様

①圧電素子2…音響インピーダンス $Z_1 = 3.4 \times 10^7 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ であるチタン酸鉛系セラミックスにより構成。長さ寸法 $L_1 = 412 \text{ mm}$ 、共振子周5.4 MHz

②反射層3, 4…音響インピーダンス $Z_2 = 1.87 \times 10^6 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ のエポキシ樹脂により構成。長さ寸法 $L_2 = 0.07 \text{ mm}$

③保持部材5, 6…音響インピーダンス $Z_3 = 3.4 \times 10^7 \text{ kg} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$ のチタン酸鉛系セラミックスにより構成。長さ寸法 $L_3 = 300 \text{ mm}$

なお、圧電共振子1における幅方向寸法は250 mm、厚みは200 mmとした。

【0033】また、上記圧電共振子1を図3に示すように基板11に導電性接着剤12を用いて接合し、固定した。なお、導電性接着剤12による固定により、圧電素子2の下面と基板11の上面との間に振動を妨げないための空間を確保するように導電性接着剤12による接合が行われている。

【0034】また、導電性接着剤12は、上記端子電極9, 10と基板11上の電極13, 14とを接合しており、圧電素子2及び反射層3, 4には導電性接着剤12は付着していない。

【0035】基板11に実装された後の圧電共振子1の周波数特性を図5に示す。図5においても、破線がインピーダンス－周波数特性を、実線が位相－周波数特性を示す。

【0036】図4と図5を比較すれば明らかなように、圧電共振子1自体の周波数特性と、基板11に固定され

た後の圧電共振子1の周波数特性とがほとんど変わらないことがわかる。すなわち、圧電共振子1は保持部材5, 6において機械的に固定したとしても、圧電素子2の共振特性が損なわれないことがわかる。

【0037】図1～図5から明らかなように、本発明に従って構成された複合材料振動装置としての圧電共振子1では、振動部材としての圧電素子2の両側に反射層3, 4を設け、反射層3, 4の外側に保持部材5, 6を連結することにより、圧電素子2の振動を妨げることなく圧電共振子1を支持し得ることがわかる。これを、図6により包括的に示すと、本発明に係る複合材料振動装置は、振動源としての振動部材21の両側に振動部材21からの振動が伝播されるように反射層22, 23が連結されており、該反射層22, 23の外側に保持部材24, 25を連結した構造に相当する。この場合、上記のように反射層22, 23の音響インピーダンス $Z_2$ を、振動部材21の音響インピーダンス $Z_1$ 及び保持部材24, 25の音響インピーダンス $Z_3$ よりも小さくすることにより、上記実施例と同様に、振動部材21の振動特性に影響を与えることなく保持部材24, 25において複合材料振動装置20を機械的に支持し得る。

【0038】すなわち、上記実施例では、振動部材として圧電素子2を用いたが、本発明においては、振動部材21、反射層22, 23及び保持部材24, 25のインピーダンス値 $Z_1 \sim Z_3$ 間に上記関係が満たされ得る限り上記実施例と同様に、反射層22, 23と、保持部材24, 25との界面において伝播してきた振動を反射させることができるので、振動部材21については特に限定されるものではない。すなわち、振動部材21としては、圧電素子2の他、電歪素子や他の様々な振動を発生する部材を広く用いることができる。

【0039】また、反射層22, 23を構成する材料及び保持部材24, 25を構成する材料についても特に限定されるものではなく、上記音響インピーダンス値の関係を満たす限り任意の材料を用いることができる。

【0040】本願発明者らは、上記圧電共振子1において、反射層を構成する材料を種々異ならせ、圧電共振子1の共振周波数及び帯域幅の各変化率を測定した。結果を図7及び図8に示す。ここでは、圧電素子2を構成するセラミックス及び反射層3, 4を構成するエポキシ樹脂を種々異ならせ、音響インピーダンス $Z_2$ の規格化された値すなわち、比 $Z_2 / Z_1$ を種々異ならせ、共振周波数変化率(%)及び比帯域変化率(%)を測定した。

【0041】図7及び図8から明らかなように、音響インピーダンス比 $Z_2 / Z_1$ が0.2以下、好ましく0.1以下において、共振周波数の変化率が0.2%以下と非常に小さく0.1以下では、0.01%以下と低いことがわかる。同様に、比帯域変化率についても、音響インピーダンス比 $Z_2 / Z_1$ が0.2以下で-15%以下、0.1以下で-8%以下となることがわかる。

【0042】従って、好ましくは音響インピーダンス比  $Z_2/Z_1$  は、0.2以下、より好ましくは0.1以下とされる。また、本願発明者らは、反射層3、4及び保持部材5、6を構成する材料を異ならせ、音響インピーダンス比  $Z_2/Z_3$  を種々異ならせ、同様に圧電共振子1の周波数変化率(%)及び比帯域変化率(%)を測定した。結果を図9及び図10に示す。

【0043】図9及び図10から明らかなように、音響インピーダンス比  $Z_2/Z_3$  を0.2以下とすることにより、周波数変化率が0.2%以下、比帯域幅が-7%以下、さらに0.1以下とすることにより0.05%以下、比帯域幅を-6%以下とし得ることがわかる。よって、音響インピーダンス比  $Z_2/Z_3$  は、好ましくは、0.2以下、より好ましくは0.1以下とされる。

【0044】また、音響インピーダンス比  $Z_2/Z_1$  を変化させて、圧電共振子1の共振周波数率及び比帯域変化率を測定した。結果を図11及び図12に示す。図11及び図12においては、反射層3、4を構成する材料として、エポキシ樹脂、セラミックスあるいはこれらに他の音響インピーダンス値を有する粉末を配合すること等により、音響インピーダンス  $Z_2$  が音響インピーダンス  $Z_1$  の  $1/128$  から任意の範囲で変化されている。

【0045】なお、図11及び図12における横軸は、反射層3、4の長さ方向寸法(圧電共振子1の長さ方向に沿う寸法)となる。反射層3、4の長さ方向寸法とは、言い換えれば、振動部材としての圧電素子2に連結されている反射層面と、振動部材5、6に連結されている反射層面とを結ぶ方向の寸法、すなわち、振動が反射面を伝播する方向の寸法である。

【0046】図11及び図12から明らかなように、音響インピーダンス比  $Z_2/Z_1$  がさらに小さく  $1/32$  以下、より好ましくは  $1/64$  以下の場合、反射層3、4の長さ寸法が  $\lambda/4$  から若干変動したとしても、周波数変化率及び比帯域変化率があまり変動しないことがわかる。よって、好ましくは、 $Z_2/Z_1$  を  $1/32$  以下、より好ましくは  $1/64$  以下とすることにより、反射層3、4の長さ方向寸法の制約が少ないことがわかる。

【0047】もっとも、図11及び図12から明らかなように  $Z_2/Z_1$  の値のいかに関わらず、反射層3、4の長さ寸法が  $\lambda/4$  及びその近傍の場合には、圧電共振子1の周波数変化率及び比帯域幅変化率は非常に小さくなる。

【0048】また、上記反射層3、4の厚みと周波数変化率及び比帯域変化率との関係を、反射層3、4のより広い厚みにわたり調べた。結果を図13及び14にそれぞれを示す。従って、図11～図14から明らかなように、好ましくは、反射層3、4長さ寸法は  $n \cdot \lambda/4 \pm (\lambda/8)$  ( $n$ は奇数)の範囲とされ、より好ましくは、 $\lambda/4$  及びその近傍とされる。

【0049】図15(a)、(b)は、本発明の第2の実施例の複合材料振動装置としての圧電共振子を示す斜視図及び部分切欠縦断面図である。圧電共振子31は、ストリップ状あるいは角棒状の圧電素子32を有する。圧電素子32は、長さモードの6倍波を利用した圧電素子である。本実施例の圧電共振子31は、圧電素子2の代わりに圧電素子32を用いたこと、並びに圧電素子32を励振するための電極構造が異なっていることを除いては、第1の実施例の圧電共振子1と同様に構成されている。

【0050】圧電素子32は、本実施例では、音響インピーダンス値  $2.6 \times 10^7 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  のチタン酸ジルコン酸鉛系圧電セラミックスにより構成されている。

【0051】圧電素子32では、長さモードの6倍波を励振するために、圧電素子32の横断面方向に延びる6枚の励振電極32a～32fが形成されている。言い換えれば、励振電極32a～32f間に5層の圧電層が存在するように、励振電極32a～32fが互いに平行にかつ圧電共振子32の横断面方向に位置するように形成されている。また、5層の圧電層は、長さ方向に一様に分極されている。

【0052】励振電極32a、32c、32eに電氣的に接続されるように、端子電極37が圧電共振子31の上面に形成されている。圧電共振子31の下面には、端子電極38が形成されており、励振電極32b、32d、32fに電氣的に接続されている。

【0053】なお、励振電極32b、32d、32fと端子電極37との電氣的絶縁を図るために、励振電極32b、32d、32fの上端には、絶縁性材料39a～39cが付与されている。同様に、励振電極32a、32c、32eと端子電極38との電氣的絶縁を果たすために、励振電極32a、32c、32eの下端には絶縁性材料39d～39fが配置されている。

【0054】反射層33、34は、圧電素子32の長さ方向両端に位置されており、音響インピーダンス比  $Z_2/Z_1 = 1/16$  となるエポキシ樹脂により構成されている。

【0055】反射層33、34の外側には、音響インピーダンス比  $Z_2/Z_3 = 1/16$  となるチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスからなる保持部材35、36が連結されている。

【0056】なお、端子電極37、38は、圧電共振子31の対向し合う端面、すなわち保持部材35、36の外側端面35a、36aに至るように形成されている。本実施例においても、反射層33、34及び保持部材35、36の横断面形状は圧電素子32と同一とされている。従って、圧電共振子31は、角棒状の形状を有する。

【0057】第2の実施例のように、振動部材としての



圧電素子32は長さモードの高調波を利用したものであってもよい。圧電共振子31のインピーダンス一周波数特性及び位相一周波数特性を図17に示す。また、図16に示すように、圧電共振子31を実装基板41上に導電性接着剤42、43を用いて、接合・固定した後のインピーダンス一周波数特性及び位相一周波数特性を図18に示す。図17及び図18において、実線が位相一周波数特性を、破線がインピーダンス一周波数特性をそれぞれ示す。

【0058】図17及び図18の比較から明らかなように、第2の実施例においても、実装基板41に実装される前（すなわち圧電共振子31単体）の特性と、実装基板41に実装された後の特性がほとんど変わらないことがわかる。

【0059】従って、第2の実施例においても、保持部材35、36において、圧電共振子31を機械的に保持したとしても、圧電素子32の共振特性にほとんど影響が生じないことがわかる。

【0060】なお、図19に分解斜視図で示すように、複数の圧電共振子31を絶縁性接着剤51、52を介して接合し、実装基板53上を実装してもよい。図19に示す構造では、2つの圧電共振子31、31が接合され、かつフィルタ回路を構成するように電氣的に接続される。2つの圧電共振子31間の電氣的接続は、実装基板53上に形成された導電パターン54a～54dにより果たされる。また、実装基板53上には、金属キャップ55が固定される。金属キャップ55は、圧電共振子31、31を囲繞し、かつ封止するように絶縁性接着剤を用いて実装基板53に固定される。図19に示したフィルタ部品のように本発明に係る複合材料振動装置は、圧電共振子だけでなく、フィルタにも適用することができる。

【0061】図20は、本発明の第3の実施例に係る圧電共振子を示す斜視図である。圧電共振子61は、厚みすべりモードを利用した圧電素子62を有する。圧電素子62は、本実施例では、圧電セラミックスからなる矩形板状の形状を有し、上面に励振電極63が、下面に励振電極64が形成されている。圧電素子62は、その長さ方向に分極処理されている。励振電極63、64から交流電圧を印加することにより、圧電素子62が厚みすべりモードで励振される。

【0062】なお、従来の厚みすべりモードを利用したエネルギー閉じ込め型の圧電共振子201（図33参照）とは異なり、圧電素子62では、上面及び下面の全面に励振電極63、64が形成されている。従って、圧電素子62は、エネルギー閉じ込め型の圧電共振子ではない。

【0063】もっとも、圧電素子62の長さ方向両側には、第1の実施例と同様に反射層65、66及び保持部材67、68が連結されている。なお、反射層65、6

6の厚み、すなわち圧電素子62と保持部材67、68とを結ぶ方向の寸法は、伝播してきた振動の波長を $\lambda$ としたときに $\lambda/4$ とされている。そして、共振電極63、64は、端子電極69、70に連ねられている。端子電極70、69は、圧電共振子62の端面、すなわち保持部材67、68の外側端面67a、68aに至るよう形成されている。

【0064】本実施例の圧電共振子61では、圧電素子62は、エネルギー閉じ込め型ではないが、反射層65、66及び保持部材67、68が第1の実施例と同様に構成されている。また、圧電素子62の音響インピーダンス値 $Z_1$ と、反射層65、66の音響インピーダンス値 $Z_2$ と、保持部材67、68の音響インピーダンス値 $Z_3$ が第1の実施例と同様に選ばれているため、圧電素子62から長さ方向に伝播した振動は、反射層65、66と保持部材67、68の界面で反射される。従って、第1の実施例と同様に保持部材67、68により機械的に支持したとしても、圧電素子62の共振特性にほとんど影響が生じない。このように、厚みすべりモードを利用した場合であっても、本発明を利用することにより、振動減衰部をなくすることができ、厚みすべりモードを利用した圧電共振子の小型化を図ることができる。

【0065】すなわち、反射層65、66の厚み（共振61の長さ方向に沿う寸法）は $\lambda/4$ 程度でよい。従来、エネルギー閉じ込め型の圧電共振子201のような大きな振動減衰部を必要としない。また、保持部材67、68は、その圧電共振子61の長さ方向に沿う寸法は非常に小さくてよく、上記反射面を構成するだけでよい。圧電共振子61は、圧電共振子201に比べてその長さ寸法を小さくすることができる。

【0066】本実施例の圧電共振子61の周波数特性、並びに図21に示すように実装基板71上に圧電共振子61を導電性接着剤72、73を用いて固定した状態の周波数特性は、ほとんど変わらなかった。図22の破線はインピーダンス一周波数特性を、実線は位相一周波数特性を示し、図22では実装基板71に実装された後の特性が示されているが、実装前の特性もほとんど変わらないため図示を省略する。本発明に係る複合材料振動装置としての圧電共振子については、第1～第3の実施例で利用した振動モードを利用したものに限らず、振動部材としての圧電素子の振動モードは特に限定されない。

【0067】図23は、本発明に係る複合材料振動装置としての圧電共振子の変形例を示す略図的断面図である。図23に示した圧電共振子81では、厚み縦振動を利用した矩形板状の圧電素子82が用いられている。圧電素子82の上面及び下面には、圧電素子82を介して対向するように励振電極83、84が形成されている。圧電素子82の上面及び下面には、反射層85、86を介して保持部材としてのセラミック板87、88が積層されている。また、励振電極83、84に電氣的に接続



される端子電極89, 90がそれぞれ圧電共振子81の外表面に形成されている。

【0068】圧電素子82のように、厚み縦振動モードを利用した圧電素子を本発明における振動部材として用いてもよい。また、圧電共振子81のように圧電素子82の上下に反射層83, 84及び保持部材87, 88を積層してもよい。

【0069】さらに、図24に示す圧電共振子91のように、積層型の厚み縦振動モードを利用した圧電共振子にも本発明を適用することができる。ここでは、圧電素子92は、励振電極93, 94に加えて、圧電素子92内に構成された内部電極95, 96を有する。従って、厚み縦振動の高調波を利用した圧電素子92が構成されている。圧電素子92の上下には、圧電共振子81と同様に、反射層83, 84及び保持部材87, 88が積層されている。

【0070】また、本発明における複合材料振動装置において、振動部材の振動方向をA、振動部材における振動伝播方向をB、反射層における振動伝播方向をCとしたとき、方向A～方向Cの組み合わせは適宜変形され得る。

【0071】すなわち、図25(a)～(c)に示す圧電共振子101～103のように、方向Aと方向Bとが平行であり、方向Bと方向Cが直交されるように配置されていてもよい。なお、図25(a)～(c)は、いずれも長さ振動を利用した圧電共振子であり、各圧電素子101a, 101b, 101cそれぞれ、図示の矢印方向に分極処理されている。また、104aは反射層、104bは保持部材を示す。

【0072】すなわち、本発明においては、振動部材における振動伝播方向に対して垂直に反射層を配置してもよい。このような構造の有限要素法による変位分布を解析した結果を図26に示す。図26では、振動部材として、音響インピーダンス値 $Z_1$ が $3.0 \times 10^7 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ の圧電セラミックスからなり、長さ $L_1$ が0.98mm、共振子周波数が2MHzである長さモードを利用した圧電素子106が構成されている。この圧電素子106の側面に、すなわち、圧電素子106の振動伝播方向に対して直交する方向に反射層107, 108が配置されている。反射層107, 108は、音響インピーダンス値 $Z_2$ が $1.87 \times 10^6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、厚み(圧電素子106と反射層107, 108との界面から反射層107, 108の反対側の面に至る方向の寸法)が0.15mmとされている。保持部材109, 110は、音響インピーダンス $Z_3 = 3.0 \times 10^7 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ のチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスからなり、上記反射層107, 108に連結されている。

【0073】図26から明らかなように、圧電共振子105においても、保持部材109, 110にほとんど振

動が漏洩していないことがわかる。従って、本発明に係る複合材料振動装置においては、振動部材における振動伝播方向に対して直交する方向に反射層が連結されていてもよい。このような例は、前述した図25(a)～(c)に示した圧電共振子101～103において具現化されている。

【0074】また、図27(a), (b)に略図的に示す圧電共振子111, 112のように、厚み縦振動モードを利用した圧電素子111a, 112aの振動伝播方向(矢印で示されている分極方向と平行)と直交する方向に反射層113, 114を配置してもよい。なお、図27(b)に示す圧電素子112aは内部電極を有する積層型の厚み縦振動を利用した圧電共振子である。

【0075】図27(a), (b)では、厚み縦振動を利用した圧電素子111a, 112aの両側に、圧電素子111a, 112aにおける振動伝播方向と直交する方向に反射層113, 114が配置されている。また、反射層113, 114が圧電素子111a, 112aと結合されている面とは反対側の面に、保持部材115, 116が連結されている。

【0076】さらに、本発明に係る複合材料振動装置では、図28に示す圧電共振子117のように、振動部材における振動変位方向と振動部材における振動伝播方向とが直交し、かつ振動部材における振動伝播方向と反射層における振動伝播方向が平行であってもよい。圧電共振子117では、圧電素子117aが備えられている。圧電素子117aは、圧電セラミックスの両主面に励振電極118, 119を形成した構造を有し、図28における紙面一紙背方向に分極処理されている。従って、圧電素子117aは、厚み捩れ振動モードを利用した圧電素子である。この圧電素子117aの外側に反射層113, 114及び保持部材115, 116が連結されている。

【0077】図25～図28及び後述の図30(a)～(c)から明らかなように、本発明において、振動部材の振動変位方向と、振動部材における振動伝播方向と、反射層における振動伝播方向とは様々な関係に構成することができ、いずれの場合にも、上述した音響インピーダンス $Z_1 \sim Z_3$ が上記特定の関係を満たす限り、第1の実施例と同様に、圧電素子の共振特性に影響を与えることなく、保持部材において圧電共振子を機械的に保持することができる。

【0078】また、本発明は、圧電効果を利用した他の共振子やフィルタ、例えば表面波装置にも適用することができる。図29は、本発明に係る複合材料振動装置の第4の実施例としての表面波共振子を示す平面図である。表面波共振子121では、矩形板状の圧電基板122上に、第1, 第2のインターデジタルトランスデューサー(IDT)123, 124が表面波伝播方向において隔てられて配置されている。そして、圧電板122の

表面波伝播方向外側に、第1、第2の反射層125、126が結合されており、反射層125、126の外側にセラミック板からなる保持部材127、128が連結されている。ここでは、圧電板122の音響インピーダンス値 $Z_1$ 、反射層125、126の音響インピーダンス値 $Z_2$ 及び保持部材127、128の音響インピーダンス $Z_3$ が第1の実施例と同様に選択されているので、反射層125、126の保持部材127、128との界面で表面波が反射され、表面波共振子として動作させることができる。従って、反射器を省略することができるので、表面波共振子の小型化を図ることができる。

【0079】図30(a)～(c)に示す圧電共振子131～133は、それぞれ、振動部材の振動変位方向Aと振動部材における振動伝播方向Bと、反射層における振動伝播方向Cとが互いに直交する関係にある圧電共振子を示す各略図的断面図である。

【0080】圧電共振子131では、厚みすべりモードを利用した圧電素子134が用いられている。ここでは、圧電素子134は、図示の矢印方向に分極処理されており、励振電極135、136を有し、振動変位方向Aは励振電極に平行な成分もあるが、垂直な成分もあるものとなり、圧電素子134における振動伝播方向Bは励振電極135、136と平行な方向とされている。これに対して反射層137、138は、圧電素子134の下面に連結されており、該反射層137、138における振動伝播方向は圧電素子134における振動伝播方向と直交されている。保持部材139a、139bは、反射層137、138の圧電素子134と連結されている面と反対側の面に連結されている。

【0081】図30(b)では、保持部材140が用いられており、該保持部材140は図30(a)の保持部材139a、139bを連結し、一体化した構造に相当する。

【0082】このように、反射層の外側に設けられる保持部材は、第1、第2の反射層の双方に連結されていてもよい。図30(c)に示す圧電共振子133では厚み振れ振動を利用した圧電素子141が用いられている。その他の点については、図30(a)に示した圧電共振子1と同様である。

【0083】上述してきたように、本発明に係る複合材料振動装置では、振動部材として、様々な振動モードを利用した圧電素子を用いることができるが、圧電素子に代えて、電歪効果素子を用いてもよい。さらに、圧電素子や電歪素子等の電気機械結合変換素子に限らず、様々な振動を発生させる振動源を、本発明に係る複合材料振動装置の振動部材として用いることができる。

【0084】また、本発明において、振動部材、反射層及び保持部材の連結関係は、上述した各実施例及び変形例に限定されない。例えば、図31(a)、(b)、(c)及び図32に示すように、複数の振動部材を用い

た複合材料振動装置も構成することができる。

【0085】図31(a)に示す複合材料振動装置では、第1、第2の振動部材151、152が反射層153を介して連結されており、第1、第2の振動部材151、152の各外側に反射層154、155及び保持部材156、157が連結されている。ここでは、反射層155、156が本発明における第1、第2の反射層を構成し、保持部材156、157が本発明における第1、第2の保持部材を構成している。そして、第1、第2の振動部材151、152が反射層153で連結している構造を、本発明における複合材料振動装置の1つの振動部材と把握することができる。また、第1、第2の振動部材151、152は、反射層153を介して連結されているので、第1の振動部材から反射層153側に伝播した振動は、反射層153と第2の振動部材152との界面で反射され、逆に、振動部材152から反射層153側に伝播した振動は、反射層153と第1の振動部材151との界面で反射される。

【0086】図31(b)に示す複合材料振動装置では、振動部材161の両側に第1、第2の反射層162、163が連結されており、第1、第2の反射層162、163の外側に保持部材164、165が連結されている。すなわち、ここまでは、第1の実施例と同様の構造である。異なるところは、第2の保持部材165の外側に、第3の反射層166、第2の振動部材167、第4の反射層168、及び第3の保持部材169がこの順序で連結されていることにある。ここでは、第2の振動部材169で生じた振動が、反射層166、168と保持部材165、169との界面により反射される。すなわち、第1の実施例の複合材料振動装置を2個用意し、両者の一方の保持部材を兼ねることにより、2個の複合材料振動装置が連結されている構造に相当する。

【0087】図32に示す複合材料振動装置171では、第1の実施例と同様にして構成された複合材料振動装置172、173が、反射層174を介して連結されている。

【0088】また、図31(c)に示すように、振動部材181の両側に反射層182、183及び保持部材184、185を連結した構造のさらに各保持部材184、185の外側に、反射層186、187、保持部材188、189を連結してもよい。

【0089】

【発明の効果】本発明に係る複合材料振動装置では、振動発生源の両側に第1、第2の反射層が連結されており、第1、第2の反射層の振動部材が連結されている側とは反対側に第1、第2の保持部材が連結されており、反射層の音響インピーダンス値 $Z_2$ が振動部材及び保持部材の音響インピーダンス値 $Z_1$ 、 $Z_3$ よりも低くされているので、反射層と保持部材との界面において、振動部材から反射層に伝播してきた振動が反射される。従っ

て、振動部材の振動特性に影響を与えることなく、第1、第2の保持部材により機械的に支持することができる。

【0090】本発明では、上記振動部材に対して反射層及び保持部材を上記のように連結して反射層と保持部材との界面において反射層に伝播してきた振動が反射されるので、振動部材の振動モードや具体的な構造については特に限定されない。従って、例えば、圧電振動素子を振動部材として用いる場合、長さ振動モード、屈曲振動モード、拡がりモード等様々な振動モードを利用することができ、従来エネルギー閉じ込め型圧電振動素子を構成することができなかった振動モードを利用して、パネ端子等の複雑な支持構造を必要とすることなく支持され得る複合材料振動装置を構成することができる。

【0091】また、従来のエネルギー閉じ込め型厚みすべりモードを利用した圧電共振子等でも、比較的大きな面積の振動減衰部を構成しなければならなかったのに対し、本発明に係る複合材料振動装置ではこのような振動減衰部を必要としない。従って、振動モードを用いた場合、従来のエネルギー閉じ込め型の圧電振動素子に比べて、本発明を利用することにより、より小型の圧電共振子や圧電フィルタを提供することができる。

【0092】音響インピーダンス比 $Z_2/Z_1$ が0.2以下である場合には、振動部材における振動特性への影響をほとんど与えることなく複合材料振動装置を保持部材において支持することができ、同様に、音響インピーダンス比 $Z_2/Z_3$ が0.2以下の場合にも、保持部材により機械的に支持したとしても振動部材の振動特性へのより一層小さくすることができる。

【0093】第1及び/または第2の保持部材の第1、第2の反射層が連結されている側とは反対側に、第3の反射層、第2の振動部材、第4の反射層及び第3の保持部材がこの順序で連結されている場合には、本発明に従って、2つの振動部材を用いたフィルタ等を容易に構成することができる。また、第1の保持部材、第1の反射層、第1の振動部材、第2の反射層、第2の振動部材、第3の反射層及び第2の保持部材がこの順序で連結されている複合材料振動装置においても、本発明に従って、第1、第2の振動部材の振動特性に影響を与えることなく、第1、第2の保持部材により機械的に支持することができるので、様々な振動モードを利用した小型の圧電フィルタや複合圧電共振部品等を提供することができる。

【0094】本発明において、反射層の振動部材との界面から反射層と保持部材との界面までの距離を、伝播されてきた振動の波長を $\lambda$ としたとき、 $n \cdot \lambda / 4 \pm \lambda / 8$ の範囲とした場合には、保持部材による機械的支持を行なった場合の振動部材の振動特性の影響をより一層軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)、(b)は、本発明の第1の実施例に係る複合材料振動装置としての圧電共振子を示す斜視図及び縦断面図。

【図2】図1に示した圧電共振子の有限要素法で解析された変位分布を示す模式的縦断面図。

【図3】第1の実施例に係る圧電共振子を実装基板に実装した状態を示す斜視図。

【図4】第1の実施例に係る圧電共振子の実装基板に実装する前の共振特性を示す図。

【図5】第1の実施例に係る圧電共振子の実装基板に実装した後の共振特性を示す図。

【図6】本発明に係る複合材料振動装置の概略構成図。

【図7】第1の実施例の圧電共振子における音響インピーダンス比 $Z_2/Z_1$ と共振周波数変化率との関係を示す図。

【図8】第1の実施例の圧電共振子における音響インピーダンス比 $Z_2/Z_1$ と比帯域変化率との関係を示す図。

【図9】第1の実施例の圧電共振子における音響インピーダンス比 $Z_2/Z_3$ と共振周波数変化率との関係を示す図。

【図10】第1の実施例の圧電共振子における音響インピーダンス比 $Z_2/Z_3$ と比帯域変化率との関係を示す図。

【図11】様々な音響インピーダンスの反射層を用いた場合の反射層の圧電共振子の長さ方向に沿う寸法と共振子周波数変化率との関係を示す図。

【図12】様々な音響インピーダンスの反射層を用いた場合の反射層の圧電共振子の長さ方向に沿う寸法と比帯域変化率との関係を示す図。

【図13】反射層の厚み、すなわち圧電共振子の長さ方向に沿う寸法を変化させた場合の周波数変化率を示す図。

【図14】反射層の厚み、すなわち圧電共振子の長さ方向に沿う寸法を変化させた場合の比帯域変化率を示す図。

【図15】(a)、(b)は、本発明の第2の実施例としての圧電共振子の斜視図及び部分切欠断面縦断面図。

【図16】第2の実施例の圧電共振子を実装基板上に実装した状態を示す斜視図。

【図17】第2の実施例の圧電共振子を実装基板に実装する前の状態の共振特性を示す図。

【図18】第2の実施例の圧電共振子を実装基板に実装した後の状態の共振特性を示す図。

【図19】2個の圧電共振子を用いたフィルタ部品としての応用例を説明するための分解斜視図。

【図20】本発明に係る複合材料振動装置の第3の実施例としての厚みすべりモードを利用した圧電共振子を示す斜視図。

【図21】第3の実施例の圧電共振子を実装基板に実装

した状態を示す斜視図。

【図22】第3の実施例の圧電共振子を実装基板に実装した状態の共振特性を示す図。

【図23】本発明の複合材料振動装置の変形例としての厚み縦振動を利用した圧電共振子を示す略図的断面図。

【図24】本発明に係る複合材料振動装置の他の変形例としての積層型の厚み縦振動モードを利用した圧電共振子を説明するための略図的断面図。

【図25】(a)～(c)は、本発明に従って構成された長さモードを利用した圧電共振子の各変形例を示す略図的断面図。

【図26】本発明において、長さモードを利用した圧電素子の振動伝播方向に対して直交する方向に反射層を配置した構成の有元要素法により解析された変位分布を示す図。

【図27】(a), (b)は、本発明に従って構成されており、厚み縦振動を利用した圧電素子の両側に反射層及び保持部材が連結されてなる圧電共振子の各変形例を示す略図的断面図。

【図28】本発明に従って構成された複合材料振動装置であって、振動部材として厚みねじれモードを利用した圧電素子を有する圧電共振子の略図的断面図。

【図29】本発明に係る複合材料振動装置の他の変形例としての表面波共振子を示す平面図である。

【図30】(a)～(c)は、本発明に係る複合材料振動装置の変形例としての厚みすべりモードを利用した各圧電共振子を示す略図的断面図。

【図31】(a)～(c)は、本発明に係る複合材料振動装置の概略ブロック図であり、それぞれ、第1, 第2の振動部材を有する複合材料振動装置の変形例を示す。

【図32】第1, 第2の振動部材を有する本発明に係る複合材料振動装置の他の例を示す概略ブロック図。

【図33】従来のエネルギー閉じ込め型圧電共振子を基板上に実装した状態を説明するための略図的部分切欠縦断面図。

【図34】従来のバルク型音波フィルタの一例を示す縦断面図。

【符号の説明】

1…圧電共振子(複合材料振動装置)

2…圧電素子

3, 4…第1, 第2の反射層

5, 6…第1, 第2の保持部材

7, 8…励振電極

9, 10…端子電極

31…圧電共振子(複合材料振動装置)

32…圧電素子(複合材料振動装置)

33, 34…第1, 第2の反射層

35, 36…第1, 第2の保持部材

61…圧電共振子(複合材料振動装置)

62…圧電素子

65, 66…反射層

67, 68…保持部材

81…圧電共振子

82…圧電素子

85, 86…反射層

87, 88…保持部材

91…圧電共振子

92…圧電素子

101～103…圧電共振子

104…圧電素子

105, 106…反射層

107, 108…保持部材

111, 112…圧電共振子

111a, 112a…圧電素子

113…圧電共振子

113a…圧電素子

115, 116…反射層

117, 118…保持部材

121…表面波共振子

122…圧電板

125, 126…反射層

127, 128…保持部材

151, 152…振動部材

153…反射層

154, 155…反射層

156, 157…保持部材

161…第1の振動部材

162, 163…第1, 第2の反射層

164, 165…第1, 第2の保持部材

166…反射層

167…振動部材

168…反射層

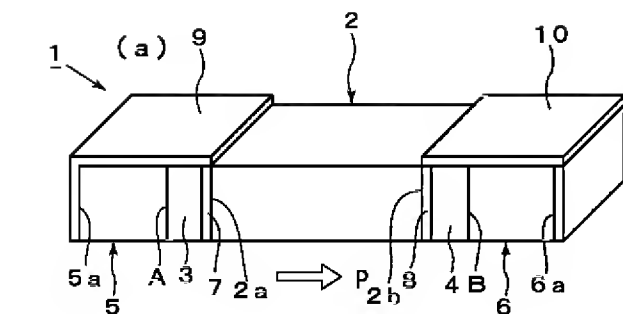
169…保持部材

171…複合材料振動装置

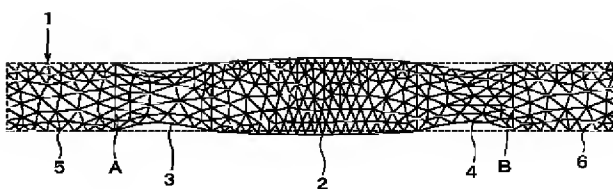
172, 173…複合材料振動装置

174…反射層

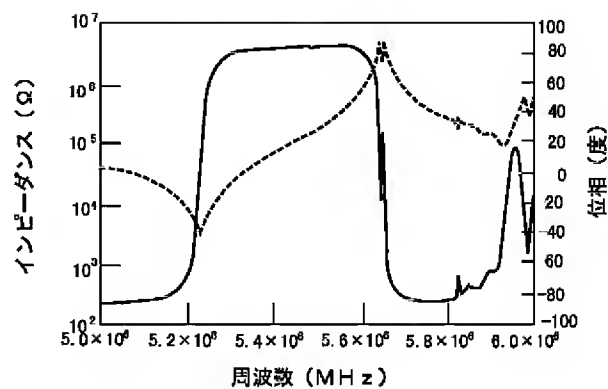
【図1】



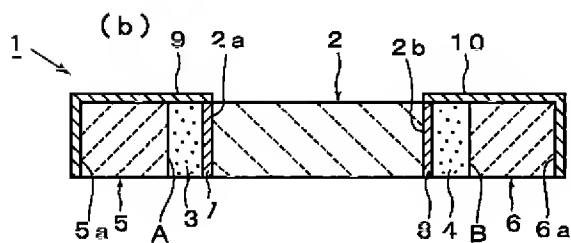
【図2】



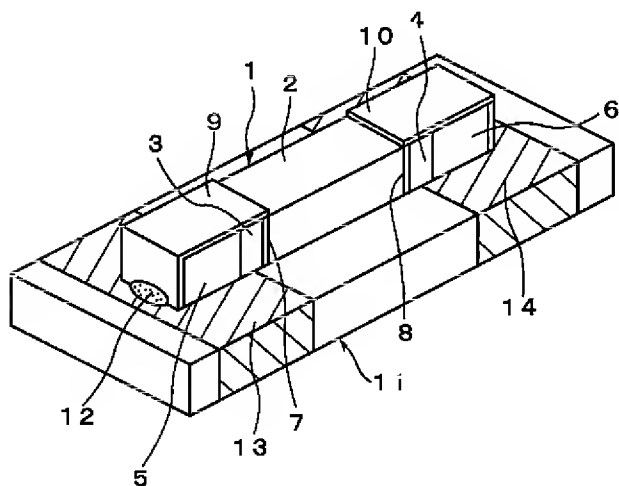
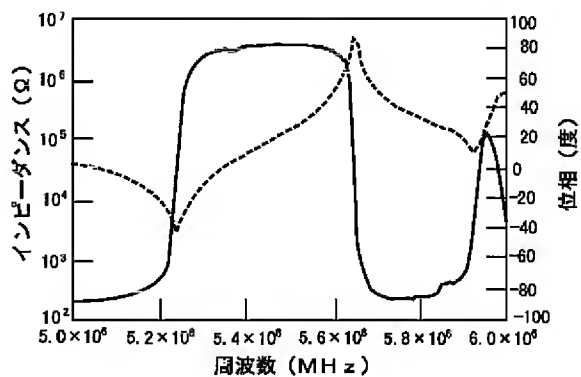
【図5】



【図3】

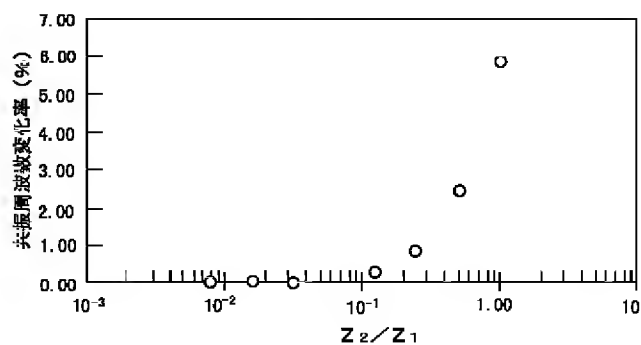
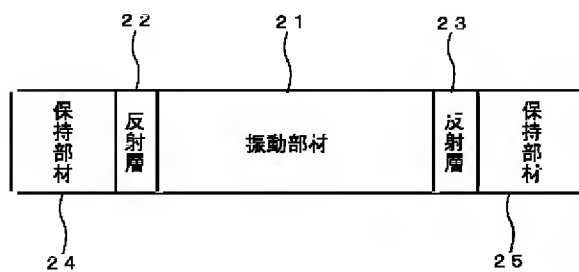


【図4】

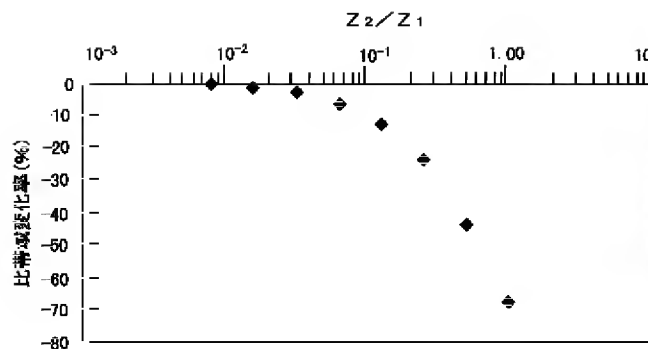


【図6】

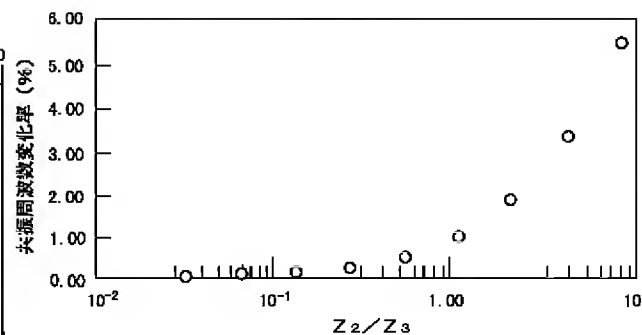
【図7】



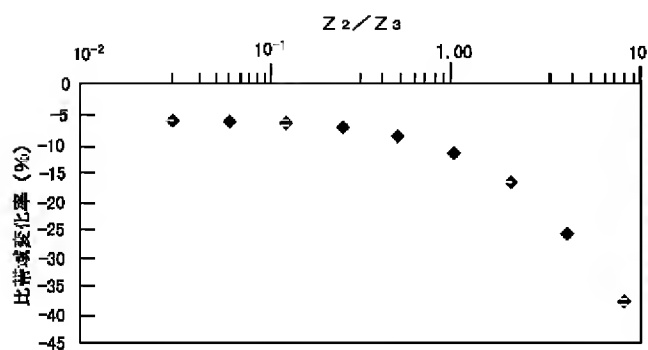
【図8】



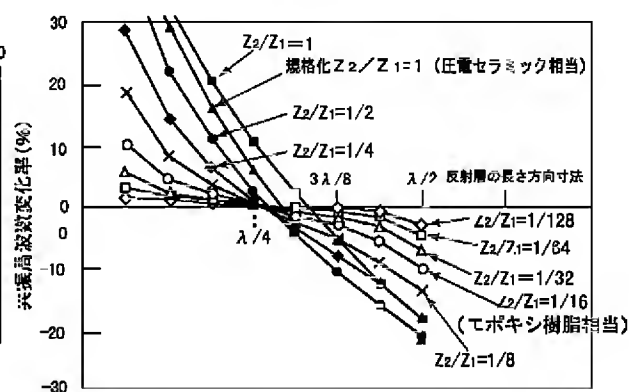
【図9】



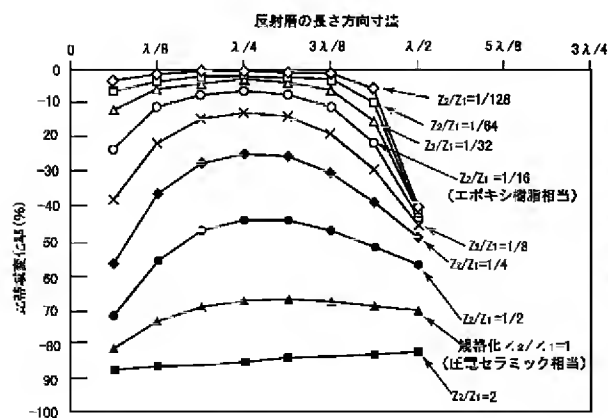
【図10】



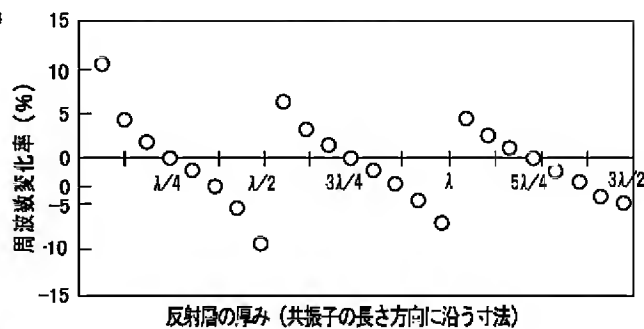
【図11】



【図12】

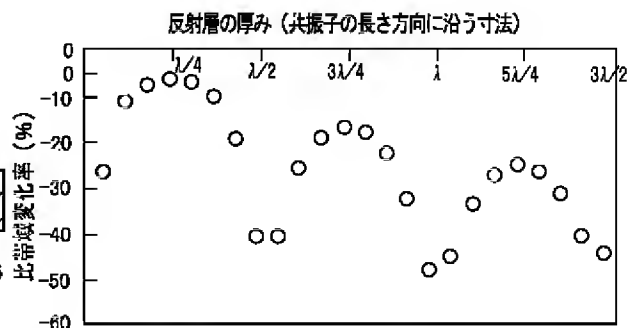
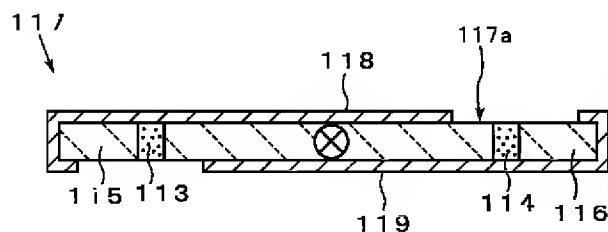


【図13】

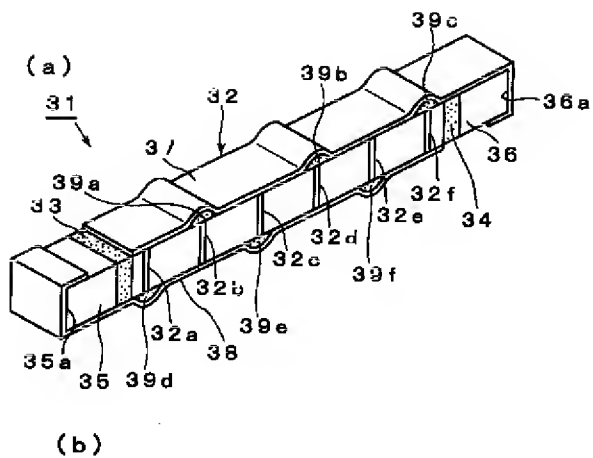


【図14】

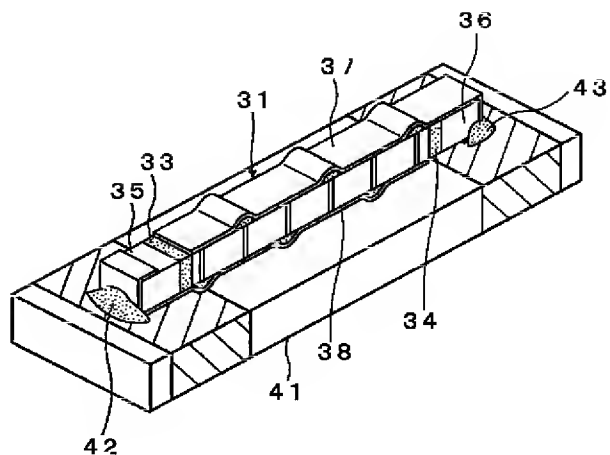
【図28】



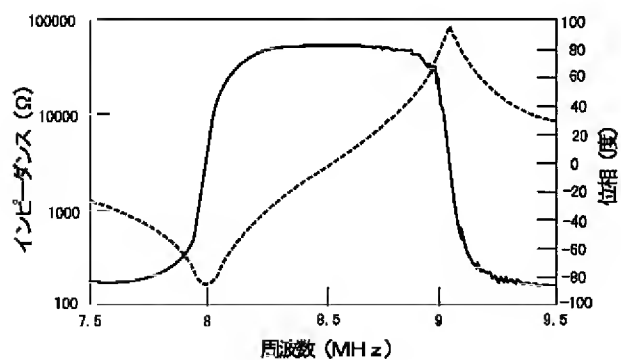
【図15】



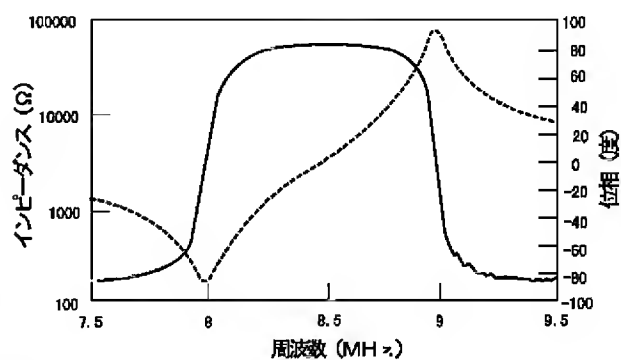
【図16】



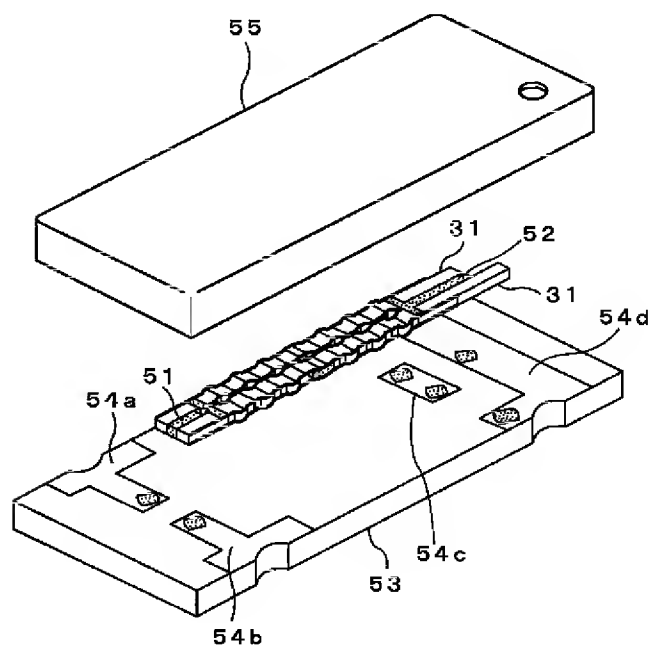
【図17】



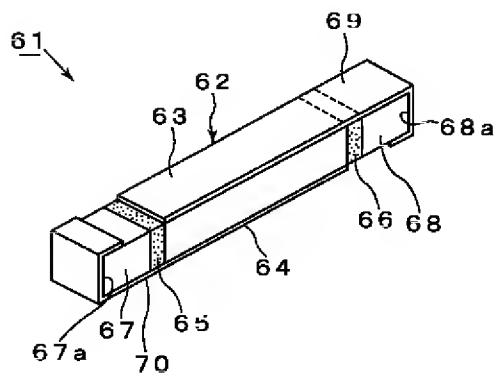
【図18】



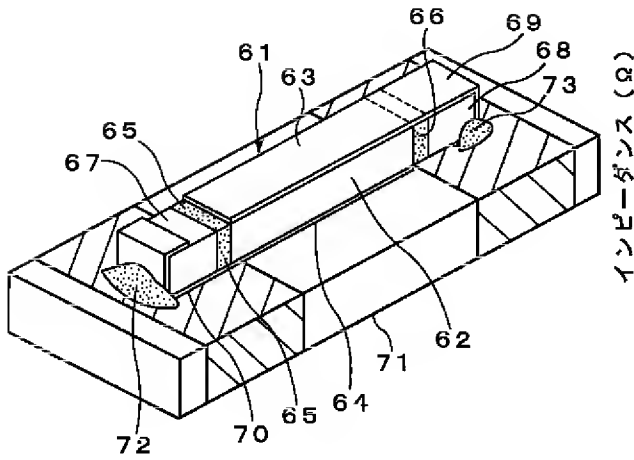
【図19】



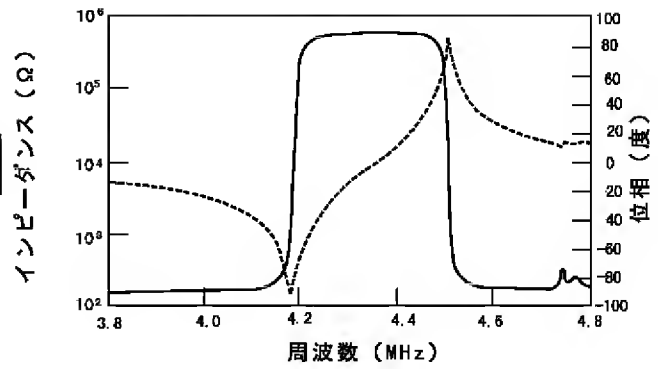
【図20】



【図21】

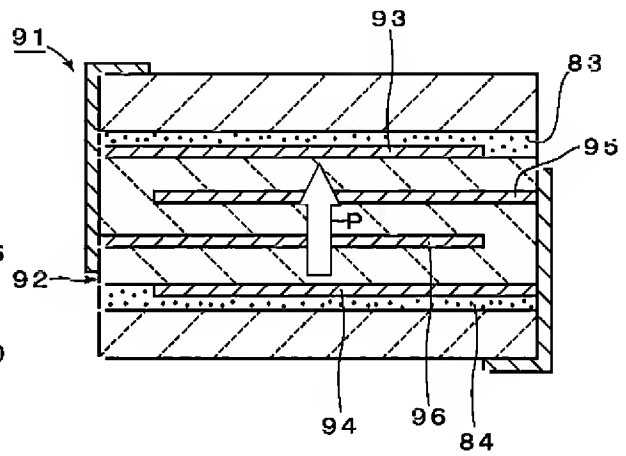
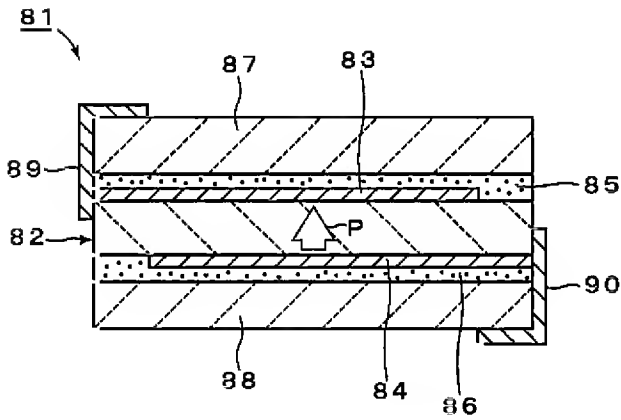


【図22】



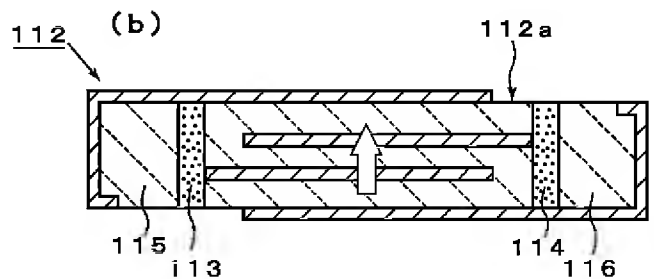
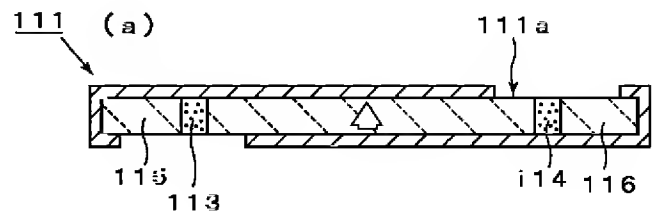
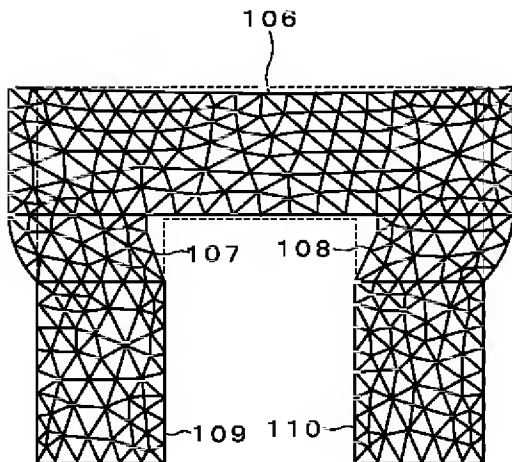
【図24】

【図23】



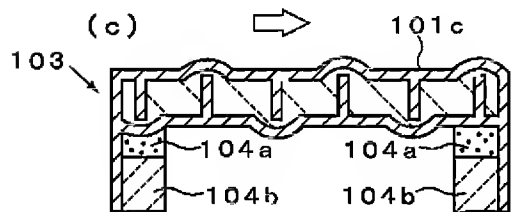
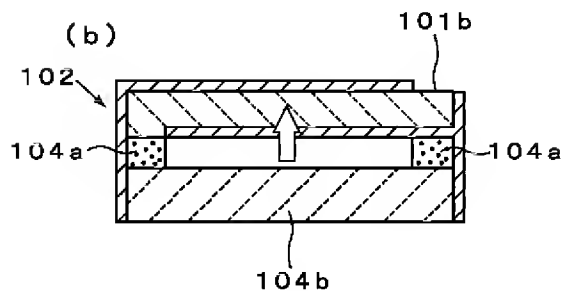
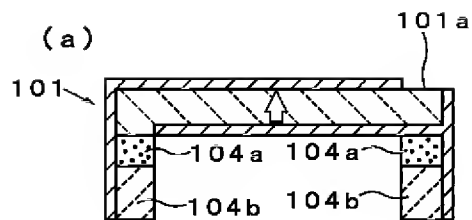
【図27】

【図26】

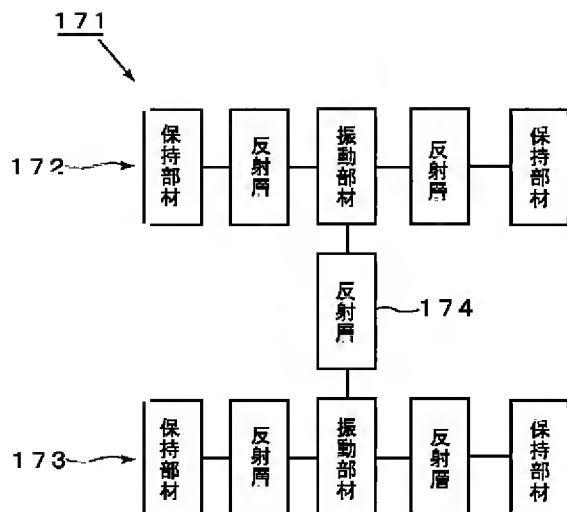




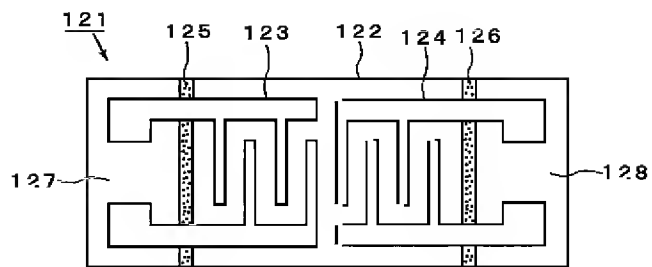
【圖25】



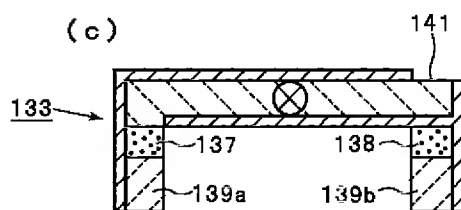
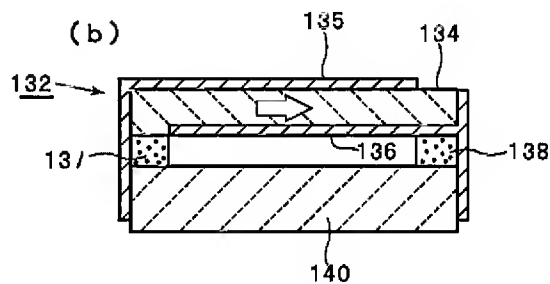
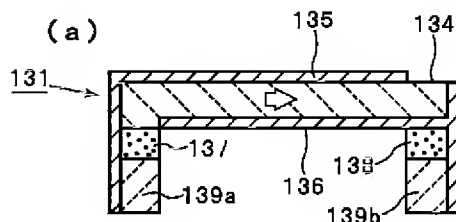
【圖32】



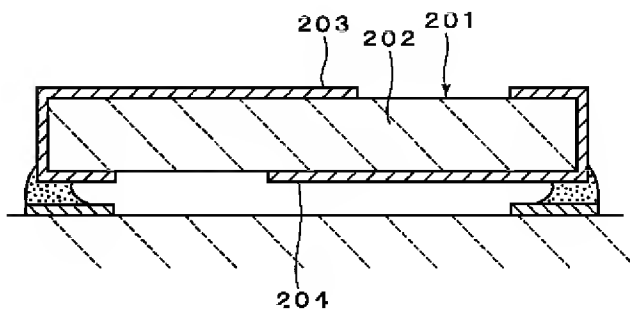
【圖29】



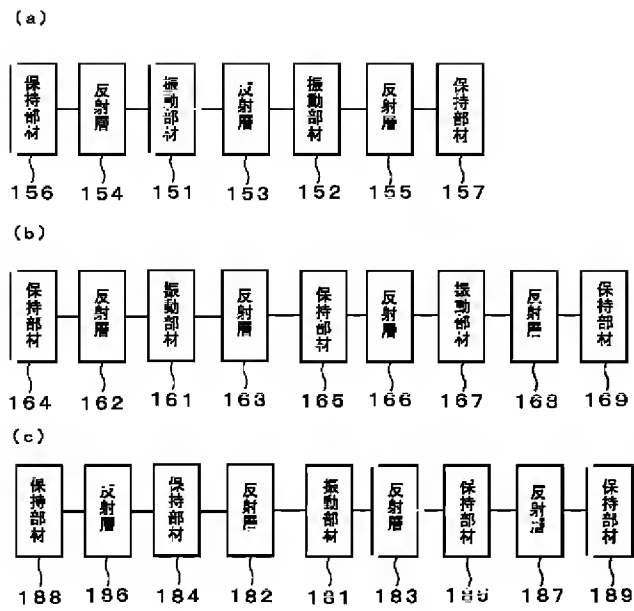
【圖30】



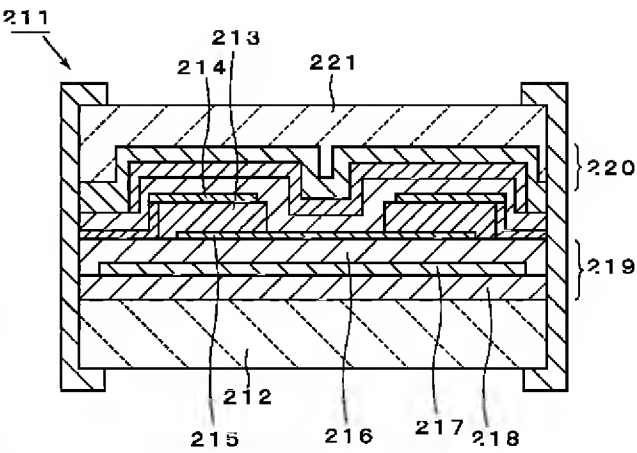
【圖33】



【図31】



【図34】



フロントページの続き

(72)発明者 開田 弘明  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

Fターム(参考) 5J108 AA07 BB04 CC04 CC13 DD01  
DD02 DD06 DD07 DD08 EE03  
EE07 EE18 FF01 GG03 JJ01